

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 411

Bodems voor vrijloopstallen

Onderzoek en ervaringen op proef- en praktijkbedrijven

Juli 2012



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie in het kader van het beleidsondersteunend onderzoek.

Dit onderzoek is mede gefinancierd door Productschap Zuivel

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2012

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

Sand, Compost and 'toemaak' (a mixture of reed, dredge and manure) had been used as bedding material for loose housingsystems on three dairy research farms of Wageningen UR Livestock Research. Gaseous emissions, animal behavior and health and food safety aspects were measured and reported together with practical experience in day to day management of the different beddings.

Keywords

Loose housing systems, bedding materials, dairy cattle, gaseous emissions, food safety, animal health, animal welfare

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

Hendrik Jan van Dooren
Paul Galama
Michel Smits
Wijbrand Ouweltjes
Frank Driehuis (NIZO)
Sjoerd Bokma

Titel

Bodems voor vrijloopstallen

Rapport 411

Samenvatting

Op drie proefbedrijven van Wageningen UR Livestock Research is geëxperimenteerd met zand, compost en toemaak als bodemmateriaal in vrijloopstallen voor melkvee. Voor elk materiaal zijn de effecten op milieu (emissies), dieren, (welzijn en gezondheid) en voedselveiligheid (microbiële contaminanten) onderzocht en is ervaring opgedaan met het dagelijkse management van deze bodems.

Trefwoorden

Vrijloopstal, melkvee, gasvormige emissies, voedselveiligheid, dierenwelzijn, diergezondheid



Rapport 411

Bodems voor vrijloopstallen

Bedding materials in loose housing systems for dairy cattle.

Hendrik Jan van Dooren

Paul Galama

Michel Smits

Wijbrand Ouweltjes

Frank Driehuis (NIZO)

Sjoerd Bokma

Juli 2012

Voorwoord

Vanaf eind 2006 is een groep melkveehouders samen met Wageningen UR Livestock Research op zoek gegaan naar alternatieven voor de ligboxenstal die het dierenwelzijn verbeteren, de milieubelasting verminderen en economisch rendabel zijn. De zoektocht was gericht op meer vrijheid voor de koe door minder beton en ijzer. Dit resulteerde, na oriëntatie op de 'Compost Dairy Barn' in de Verenigde Staten, in de vrijloopstal. Een stal zonder ligboxen met veel ruimte voor natuurlijk gedrag en zachte bodems met veel grip voor betere klauwen en betere mest. Eind 2007 hebben enkele enthousiaste melkveehouders de vrijloopstal op de onderzoekagenda van Productschap Zuivel gezet. Er is toen besloten in 2008 te starten met een haalbaarheidsstudie. Enkele boeren en onderzoekers gingen vervolgens in 2008 naar Israël waar ze geïnspireerd werden door goedkope bodems van gedroogde mest. De ervaringen uit de VS en Israël zijn gebruikt voor de studie naar de haalbaarheid van vrijloopstallen in Nederland. Er zijn toen economische berekeningen gemaakt en modelberekeningen van de te verwachten verdamping gedaan. Ook zijn toen op laboratoriumschaal ammoniakemissies gemeten van verschillend bodemmateriaal. Op basis van de resultaten van deze voorstudies is door de begeleidingscommissie vrijloopstallen (met vertegenwoordigers van PZ, LTO en EL&I) in 2008 de conclusie getrokken te starten met praktijkexperimenten op proefbedrijven. In dit rapport worden de resultaten van deze experimenten beschreven.

Hoewel de insteek van de vrijloopstallen vooral gericht is op dierenwelzijn en diergezondheid is in het onderzoek veel aandacht besteed aan het meten van de emissie van ammoniak, broeikasgassen, geur en fijn stof. Nieuwe stalsystemen voor de melkveehouderij zullen namelijk ook moeten voldoen aan de huidige en toekomstige eisen op dit gebied. Als het lukt met meer ruimte per koe een houderijsysteem te ontwikkelen met minder emissie en minder kosten betekent dit een doorbraak naar een integraal duurzame melkveehouderij. Integraal betekent wel dat met alle risicofactoren rekening moet worden gehouden. Daarom is ook gelet op risico's voor de melkkwaliteit.

Het onderzoek is gefinancierd door Productschap Zuivel en Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research en NIZO.

We hebben met dit onderzoek een volgende stap gezet op weg naar nieuwe houderijsystemen in de melkveehouderij. Dit rapport neemt u mee in de verkenning van het perspectief van vrijloopstallen voor de Nederlandse melkveehouderij. Het geeft de stand van zaken t/m eind 2010 weer en geeft aanbevelingen voor vervolg. Wij wensen u daarbij veel inspiratie en inzicht.

Dirk Siert Schoonman
Voorzitter begeleidingscommissie bodems voor vrijloopstallen
LTO

Samenvatting

De bodem in een vrijloopstal is erg bepalend voor de kosten, het droog houden van de toplaag en de emissies van ammoniak en broeikasgassen. Het onderzoek naar vrijloopstallen is daarom in 2008 gestart met een voorstudie naar de haalbaarheid van verschillend bodemmateriaal onder Nederlandse klimaatomstandigheden. De ervaringen in Amerika en Israël zijn geïnventariseerd. De invloed van het klimaat in deze landen op de droging van de toplaag is vergeleken met het klimaat in Nederland. Uit deze verdampingstudie bleek dat in het vochtige zeeklimaat in Nederland minder vocht verdampt dan in het landklimaat in Minnesota en het warme klimaat in Israël. Tijdens de voorstudie zijn tevens oriënterende ammoniakmetingen op laboratoriumschaal gedaan. Op basis van de resultaten uit deze voorstudie is besloten in 2009 en deels in 2010 drie bodems te testen op de proefbedrijven. De principes achter deze bodems zijn weergegeven in tabel I.

Tabel I Overzicht van type bodems voor vrijloopstallen en achterliggende principes.

Aanduiding	Uitgangsmateriaal	Vocht	Stikstof
Zandbodem	Zand met lavaliet	Draineren	Scheiden feces en urine
Compostbodem	Houtsnippers en zaagsel	Verdampen	Omzetten en fixeren
Toemaakbodem	Kleibagger met riet	Absorberen	Fixeren

Ervaringen drie bodems

De ervaringen op de drie proefbedrijven zijn gebaseerd op relatief kleine dieraantallen (12 tot 19) en een korte periode (circa 37 weken) en zijn daarom een eerste indicatie. Het gaat om ervaringen met het droog houden van de toplaag, de hygiëne van de dieren, diergedrag, -welzijn en -gezondheid, risico's op verminderde melkkwaliteit door microbiële contaminanten en emissies.

Algemeen

In het algemeen kan over de vrijloopstallen gesteld worden dat er geen sterke afwijkingen ten opzichte van de ligboxenstal gevonden zijn wat betreft klauwproblemen en celgetal. Ook huidbeschadigingen kwamen maar weinig voor. Koeien liggen in de vrijloopstal ongeveer 45-5-% van de tijd maar gaan vooral veel makkelijker liggen en staan. Vooral stramme dieren lijken dus baat te hebben bij een vrijloopstal

Zandbodem

De drainerende werking van zand viel tegen. De vochttoename in de bodem was ongeveer 5 liter per koe per dag. Daardoor is ongeveer 15 m² per koe nodig om snelle verzadiging met vocht te voorkomen en is frequent verwijderen van mest noodzakelijk voor een succesvolle zandbodem. In rechtstreeks verband hiermee is het feit dat de koeien in het begin schoon zijn maar steeds iets vuiler worden in de loop van de tijd. Wat betreft micro-organismen: het aantal micro-organismen was het laagst op de zandbodem.

Compostbodem

De temperatuur van bodem bleef relatief laag (circa 25 tot 30 °C) door matige compostering en veel warmteverlies. Warmteverlies trad op door een te dunne bodem (circa 30 cm) en regelmatige bewerking. Er is minimaal 50 cm nodig om warmte in de bodem te houden bij cultiveren. Matige compostering door mogelijk tekort aan beschikbare koolstof of zuurstof lijkt niet aannemelijk maar toevoeging van voerresten stimuleerde wel het composteringsproces. In het begin daalde het droge stofgehalte van de bodem van 40% naar 30%. Regelmatig toevoegen van droog materiaal (zaagsel) is daarom nodig. Een oppervlak van 12,5 m² per koe was nodig om de koeien blijvend schoon te houden. Wat betreft microbiële contaminanten was er weinig verschil qua samenstelling met een ligboxenstal met zaagsel in de boxen.

Toemaakbodem

Gedroogde bagger van kleimateriaal kan veel vocht absorberen, maar vergroot ook de kans op versmering waardoor het ligbed ondoorlatend wordt en de afvoer van vocht (urine) wordt belemmerd. Daarbij heeft riet als nadeel dat het in vergelijking met stro weinig vocht kan absorberen. Het is daarom ook beter de bodem niet te bewerken door frezen of spitten omdat dit veel vermogen vraagt en leidt tot extra versmering van het materiaal. Riet geeft wel stevigheid aan de bodem, waardoor de draagkracht verbetert. Het is verstandig het riet niet te verkleinen maar onbewerkt aan de bodem toe te voegen. Toch waren met name de klauwen en achterpoten extra bevuild. Daarom wordt

aanbevolen om de gedroogde bagger en riet laagsgewijs aan te brengen om de draagkracht van de bodem nog verder te vergroten en de hygiëne te bevorderen. Toch hadden enkele koeien hoge uitschieters in celgetal. Wat betreft microbiële contaminanten bevatte de toemaakbodem de hoogste concentraties van alle sporenpopulaties ten opzichte van de zandbodem en compostbodem.

Emissies van ammoniak en broeikasgassen

Op de drie bodems van vrijloopstallen zijn gedurende 5 meetdagen verspreid over 8 maanden metingen gedaan naar ammoniakemissie en emissie van broeikasgassen (methaan en koolstofdioxide). Er is telkens op 4 vier plekken gemeten. De (indicatieve) metingen zijn uitgevoerd met een dynamische box. Met deze box wordt de emissie van een bepaald bodemoppervlakte gemeten en vergeleken met metingen op een roostervloer in ligboxstallen. Het besmeurd oppervlakte met mest verschilt echter nogal tussen een ligboxenstal en een vrijloopstal. Het besmeurd oppervlakte per koe op de looppaden tussen de ligboxen en achter het voerhek is ongeveer 4 m² per koe. In een vrijloopstal met een loopgang achter het voerhek is het totale besmeurd oppervlakte bij een ligbedoppervlakte van 12 m² per koe totaal daarentegen ongeveer 14 m² per koe. In tabel II is de ammoniakemissie van elke bodem in procenten uitgedrukt ten opzichte van een ligboxenstal met roosters (= 100%). Dit is gedaan per m² en per koe.

Tabel II Ammoniakemissie per m² en per koe bij de verschillende bodems uitgedrukt als % ten opzichte van ligboxenstal met roosters.

	Per m ²	Per koe
Ligboxenstal	100%	100%
Zandbodem	35%	192%
Compostbodem	19%	107%
Toemaakbodem	15%	111%

- Per m² is de ammoniakemissie in een vrijloopstal slechts 15 tot 35% ten opzichte van een ligboxenstal.
- Per koe is de ammoniakemissie op een zandbodem veel hoger dan in een ligboxenstal. De ammoniakemissie per koe op de compostbodem en de toemaakbodem komt in de buurt van de ligboxenstal. De onzekerheid is door de variatie tussen de verschillende metingen en de gebruikte meetmethode groot.

De emissie van methaan was op de compostbodem het hoogst (gemiddelde 1,35 g CH₄ per m² per uur). De methaanemissie op de zandbodem was het laagst met 0,04 g CH₄ per m² per uur. Dat is 3% van de emissie uit de compostbodem. De methaanemissie van de toemaakbodem lag daar tussenin en bedroeg 0,63 g CH₄ per m² per uur, 46% vergeleken met de compostbodem.

Conclusies bodems op proefbedrijven

De conclusie is dat de zandbodem in de huidige vorm weinig perspectief heeft. Grootste knelpunt is het verwijderen van de mest uit de zandbodem. Als dit niet vaker gebeurt dan tijdens de experimenten zal het zandpakket te snel vervuilen. Omdat vaker handmatig verwijderen bij grotere koppels koeien nauwelijks praktisch realiseerbaar is, lijkt een systeem of robotje voor deze taak onmisbaar. Een dergelijk apparaat is momenteel niet beschikbaar.

Ook de toemaakbodem is nog niet praktijkrijp. Toch zijn de perspectieven daar positiever. Wanneer er genoeg veilig en droog materiaal beschikbaar is en de draagkracht van de bodem voldoende is, lijkt toepassing op grotere schaal mogelijk. De opbouw van de bodem is daarbij nog wel een belangrijk vraagpunt. Het experiment op Zegveld heeft geleerd dat intensief bewerken en mengen vaak averechts werkt. Het lijkt beter de bodem in laagjes op te bouwen (een 'lasagnebodem') en het riet niet te verkleinen. Wanneer de bodem dan te nat dreigt te worden, kan men extra riet toegevoegen om de koeien schoon te houden en de draagkracht te behouden.

De compostbodem lijkt op dit moment de meeste perspectieven te bieden voor toepassing in de praktijk. Welke materiaalkeuze het beste is en hoe het management van de bodem eruit moet zien, zal in de toekomst blijken. Ervaringen van het experiment op de Waiboerhoeve hebben geleerd dat het beheersen van het composteringsproces niet eenvoudig is. De veehouder heeft daarvoor de volgende 'knoppen' ter beschikking:

- Materiaal (C:N verhouding)

- Bewerking (mengen toplaag en inbrengen zuurstof)
- Ventilatie (drogen en afvoeren vochtige lucht)
- Bezetting (belasting van het ligbed met mest en urine)

Ervaringen en bevindingen uit de praktijk

Uit de internationale contacten, de ervaringen op proefbedrijven ende gesprekken met praktijkbedrijven, stalinrichters, welstandcommissies, architecten, compostingsdeskundigen en beleid is veel geleerd. Rond de ontwikkeling en implementatie van vrijloopstallen zijn nog veel onzekerheden. De ervaringen leveren antwoorden op, maar roepen ook nieuwe vragen op. Er is sprake van een telkens doorlopende leercyclus met belanghebbenden die nieuwe kansen en vragen oproept. De cyclus valt te omschrijven als Describe – Explain – Explore – Design (DEED) (naar Gilleret *al.*, 2008).

Drive (motivatie)

Uit bijeenkomsten met melkveehouders die een vrijloopstal overwegen zijn de volgende motieven als meest belangrijk genoemd: beter dierenwelzijn, gezonder vee met langere levensduur, betere mest met weinig geuremissie en minder mestvolume.

Describe (beschrijven)

Naast het soort bodemmateriaal is het management van de bodem en de wijze van ventileren (mechanisch en natuurlijk) belangrijk. Ook worden verschillende keuzes gemaakt qua stalinrichting, wijze van voeren, melksysteem en bovenbouw.

Explain (leren en verklaren)

De verdampingsstudie gaf aan dat in het vochtige Nederland extra maatregelen nodig zijn om de toplaag van organische bodems droog te houden. De economische studie gaf aan dat niet alleen de kosten van de stal bepalend zijn, maar ook de kwaliteit van de mest en baten van beter dierenwelzijn. Er is ook veel geleerd van de experimenten op proefbedrijven.

Explore (verkennen)

De vrijloopstal beoogt de duurzaamheid op meerdere thema's te verbeteren. Er is echter een kans dat afwenteling tussen duurzaamheidsaspecten optreedt. De vrijloopstal biedt vooral meer ruimte aan de dieren. In combinatie met schaalvergroting zullen de stallen veel groter worden. Met name m² per koe heeft een grote invloed op dierenwelzijn, landschap, economie en milieu. Meer ruimte is gunstig voor dierenwelzijn, maar leidt tot een groter besmeurd oppervlak en daardoor grotere kans op toename van ammoniakemissie. De stallen worden vooral breder. Om de nokhoogte te beperken is een andere bovenbouw nodig die zowel functioneel als mooi moet zijn. Een ruime stal betekent meer kosten voor bovenbouw, maar de stalinrichting en mestopslag is in een vrijloopstal eenvoudiger dan in een ligboxenstal.

Design (ontwerpen)

Slimme ontwerpen en goed management van stallen zijn nodig om afwenteling tussen duurzaamheidsaspecten te voorkomen. Denk aan alternatieven qua bovenbouw, voersysteem, type bodemmateriaal, management bodem e.d.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Er wordt aanbevolen een leer- en experimenterstrategie op te zetten waarbij duurzaamheidsaspecten op een groep van praktijkbedrijven meerdere jaren gevolgd worden en waarbij experimenten op proefbedrijven plaatsvinden om deelaspecten te onderzoeken. Naast de doorontwikkeling van technische aspecten tot een duurzaam veehouderijsysteem dient ook de vertaling naar concrete adviezen voor de praktijk en regelgeving plaats te vinden.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

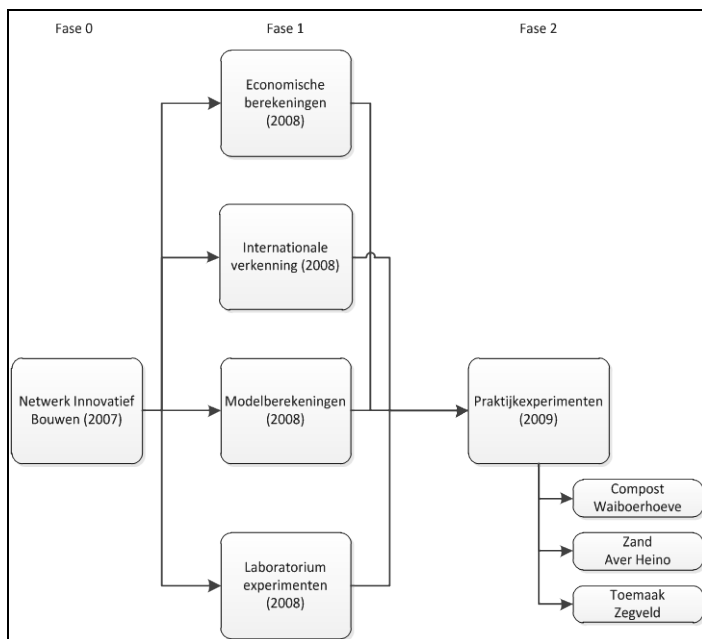
1	Inleiding	1
1.1	Leeswijzer	2
2	Opbouw en management bodems	3
2.1	Zand.....	3
2.1.1	Opbouw, aanleg en management.....	4
2.1.2	Praktijkervaringen en onderzoeksresultaten	4
2.1.3	Samenvatting	6
2.2	Compost.....	6
2.2.1	Opbouw, aanleg en management.....	7
2.2.2	Praktijkervaringen en onderzoeksresultaten	7
2.2.3	Samenvatting	9
2.3	Toemaak	9
2.3.1	Opbouw, aanleg en management.....	10
2.3.2	Praktijkervaringen en onderzoeksresultaten	11
2.3.3	Samenvatting	12
3	Dierwaarnemingen	13
3.1	Dieraantallen.....	13
3.2	Hygiënescore	13
3.3	Melkproductie en -samenstelling	14
3.4	Klauwaandoeningen en huidbeschadigingen	16
3.5	Registratie vandiergedrag in de vrijloopstallen	17
3.5.1	AverHeino:	17
3.5.2	Waiboerhoeve.....	19
3.5.3	Zegveld	22
3.6	Beoordeling tijdsduur nodig voor gaan liggen en opstaan	25
3.7	Beoordeling lighoudingen	26
3.8	Vergelijking stramme en niet-stramme koeien in ligboxenstal en vrijloopstal	27
4	Gasvormige emissies en chemische karakteristieken	29
4.1	Materiaal en methoden emissiemetingen en ligbodemkarakteristieken.....	29
4.1.1	Meetschema emissiemetingen vrijloopstalbodems	29
4.1.2	Meetmethode emissies	29
4.1.3	Vergelijking NH ₃ -emissie vrijloopstal versus ligboxenstal met roostervloer	30
4.1.4	Bemonstering bodempakket en chemische analyses	30
4.1.5	Bemonstering urine en feces	30
4.2	Resultaten meetsessies.....	31
4.2.1	Emissies van ammoniak (NH ₃), methaan (CH ₄) en kooldioxide (CO ₂).....	31
4.2.2	Vergelijking ammoniakemissie ligboxenstal en vrijloopstal	31
4.2.3	Temperatuur, zuurstof en vocht in compostbodem	33
4.2.4	Dichtheden en gehalten in bodemmonsters	36
4.2.5	Gehalten in urine- en fecesmonsters.....	39

5	Risicofactoren voor voedselveiligheid door het voorkomen microbiële contaminanten	41
5.1	Inleiding.....	41
5.2	Materialen en methoden	42
5.2.1	Proefbedrijven en monsternamen.....	42
5.2.2	Microbiologische analyses.....	42
5.2.3	Typering en identificatie van geïsoleerde bacteriën	43
5.2.4	Statistische analyse	43
5.3	Resultaten en discussie.....	43
5.3.1	Sporen van sporenvormers	43
5.3.2	Identificatie van sporenvormers.....	45
5.3.3	Klebsiella, E. coli en streptococci	45
5.4	Conclusies en aanbevelingen.....	46
6	Algemene discussie en conclusies vergelijkend onderzoek	49
6.1	Discussie algemeen.....	50
6.2	Discussie per bodem	50
6.3	Discussie per aspect.....	52
7	Ervaringen en bevindingen in de praktijk	55
7.1	Kennisverspreiding en impact.....	55
7.2	Reacties uit de praktijk.....	56
7.3	Leren van ervaringen uit de praktijk.....	57
8	Aanbevelingen.....	59
8.1	Leer- en experimenteeromgeving opzetten.....	59
8.2	Thema's voor vervolgonderzoek.....	59
Literatuur		63
Bijlage I	Overzicht van het verloop van melkcontrolegegevens uit de drie vrijloop groepen en de rest van het betreffende proefbedrijf.....	65
Bijlage II	Satellietexperiment: bepaling effect op de compostering van verschillende toevoegingen	66
Bijlage III	Ammoniakemissie per afzonderlijke meting	71
Bijlage IV	Ammoniakemissies gemeten met dezelfde meetbox in een stal met mestkelder en roostervloer	72
Bijlage V	Overzicht temperatuurverloop compostbodem.....	73
Bijlage VI	Nitraat en nitrietgehalten in de lavalietlaag en de zandlaag van de zandbodem	74
Bijlage VII	Gehalten aan stikstof, fosfor, kalium, drogestof en anorganische stof in fecesmonsters per meetsessie	75
Bijlage VIII	Overzicht van gehalten aan totaalstikstof, drogestof en ruw as in urinemonsters per bodem en monsternamen datum.....	76
Bijlage IX	Overzicht geïdentificeerde sporenvormers.....	77
Bijlage X	Overzicht communicatieactiviteiten in het kader van inspiratie en verdieping, ontwerpen en implementatie in de praktijk	78
Bijlage XI	Overzicht communicatieactiviteiten in het kader van kennisverspreiding en het ontwerpen van vrijloopstallen voor specifieke groepen	79

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft een volgende fase in de ontwikkeling van een nieuw veehouderijsysteem voor de melkveehouderij in Nederland. In 2007 is in het netwerk Innovatieve stallenbouw de vrijloopstal naar voren gekomen als een perspectiefvolle ontwikkeling. In de internationale verkenning die daarop volgde zijn de ervaringen, opgedaan met compostbodems in de Verenigde Staten (VS) en bodems van gedroogde mest in Israël, beschreven en initiatieven op dit gebied in de rest van Europa geïnventariseerd (van Dooren en Galama, 2009). Omdat het klimaat nogal verschilt tussen de verschillende landen is de haalbaarheid van vrijloopstallen onder Nederlandse (klimaat)omstandigheden geschat door modelberekeningen naar de verdamping van vocht uit de bodem (Smits en Aarnink, 2009). De conclusie was dat in het vochtige Nederland extra maatregelen nodig zijn voor het verkrijgen van een voldoende droge toplaag. Dit stelt eisen aan het bodemmateriaal en de processen die zich in de bodem en de stal afspelen. Daarnaast is het van belang de emissie van ammoniak en broeikasgassen te beperken. Metingen op laboratoriumschaal hebben een eerste inzicht gegeven in de ammoniakemissie van verschillende bodemmaterialen (Smits *et al.*, 2009). Zand, een composterend mengsel van houtsnippers en zaagsel en gedroogde kleibagger kwamen als perspectiefvolle bodemmaterialen naar voren. Uit economische berekeningen bleek dat het benodigde aantal vierkante meters per koe en de prijs en hoeveelheid van het bodemmateriaal erg bepalend zijn voor de kosten van de stal (van Dooren *et al.*, 2009).

Op basis van de uitkomsten van deze voorstudies is in overleg met de opdrachtgevers en de begeleidingscommissie besloten om voor drie soorten bodemmateriaal op kleine schaal (circa 20 koeien) praktijkexperimenten op te zetten op proefbedrijven (figuur 1).



Figuur 1 Overzicht van verschillende projectfasen

Voor alle drie experimenten geldt dat de toplaag droog moet blijven en dat zo weinig mogelijk stikstof verloren gaat door emissie. Dit wordt in de verschillende bodemmaterialen bereikt door verschillende achterliggende principes (tabel 1). In een zandbodem wordt het vocht gedraineerd en zorgt de zandbodem ervoor dat de urine gescheiden wordt van de feces, waardoor de ammoniakemissie beperkt kan worden. In de compostbodem wordt de toplaag droog gehouden door warmteontwikkeling in de bodem. Net zoals in de compoststallen in de VS composteren de houtsnippers en het zaagsel samen met de mest en zal door de warmte extra vocht verdampen. De stikstof wordt daarbij omgezet tot niet schadelijk N₂ gas en/of gefixeerd in het bodemmateriaal. In de toemaakbodem wordt het vocht geabsorbeerd door de gedroogde kleibagger vermengd met riet. De stikstof wordt gefixeerd door de kleimineralen (zie tabel 1).

Tabel 1 Overzicht van type bodems voor vrijloopstallen en achterliggende principes.

Aanduiding	Uitgangsmateriaal	Vocht	Stikstof
Zandbodem	Zand met lavaliet	Draineren	Scheiden feces en urine
Compostbodem	Houtsnippers en zaagsel	Verdampen	Omzetten en fixeren
Toemaakbodem	Kleibagger met riet	Absorberen	Fixeren

Deze alinea is niet relevant voor dit rapport.

1.1 Leeswijzer

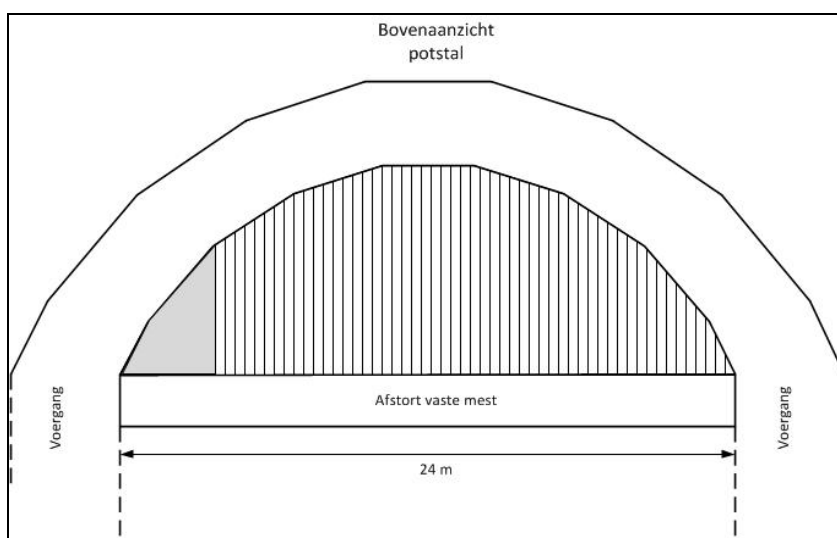
Hoofdstuk 2 beschrijft de opbouw en het management van deze drie bodems en hoofdstuk 3 de dierwaarnemingen. In hoofdstuk 4 komen de milieuaspecten bod. In hoofdstuk 5 worden mogelijke risico's voor voedselveiligheid geïventariseerd. In hoofdstuk 6 worden de uitkomsten van de drie experimenten op proefbedrijven besproken en met elkaar in verband gebracht en een aantal conclusies getrokken. Ook is er geleerd van ervaringen en bevindingen in de praktijk. In hoofdstuk 7 zijn deze beschreven aan de hand van activiteiten gericht op kennisuitwisseling, doorontwikkeling en impact. Hoofdstuk 8 tenslotte bevat aanbevelingen voor vervolgonderzoek..

2 Opbouw en management bodems

Hendrik Jan van Dooren, Ben Timmerman, Jan Bloemert, Karel van Houwelingen, Frank Lenssinck

2.1 Zand

Op praktijkcentrum Aver Heino in Heino is geëxperimenteerd met zand als bodemmateriaal voor de vrijloopstal. Daarvoor is het halfrond gedeelte in de ligboxenstal gebruikt dat is aangelegd als strohok voor attentiekoeien. Het bevindt zich achter het ligboxengedeelte bevindt. (zie figuur 2). Dit gedeelte heeft een netto oppervlak van ongeveer 190 m^2 . De ondergrond bestaat uit berijdbare betonnen roosters met daaronder een ondiepe kelder die afloopt naar een pompput in de hoek. Rondom loopt een voergang. Een buis vormt de afscheiding tussen strohok en voergang. In een hoek van het hok is een dichte betonnen vloer gemaakt van waaruit de koeien kunnen vreten. De overgang tussen deze mestgang en de rest van het hok heeft een lengte van ongeveer 8 meter. De mestgang heeft een oppervlak van ongeveer 20 m^2 zodat er 170 m^2 overblijft als ligbed. Boven het ligbed is een HVLS¹-ventilator opgehangen.



Figuur 2 Plattegrond van zandstal



Foto 1 Impressie van de aanleg van de zandstal. Rechts het betonnen vreetgedeelte. Het lavaliet is duidelijk te onderscheiden van de zandlaag.

¹ Hoog Volume, Lage Snelheid. Langzaam draaiende ventilatoren die veel lucht verplaatsen.

2.1.1 Opbouw, aanleg en management

De zandstal is op 1 maart 2009 aangelegd. Onder de roosters staat op drie plaatsen een lekbak om de hoeveelheid drainagevocht te kunnen schatten. Daarna is een gronddoek over het betonnen gatenrooster gelegd. Daarover is 25,5 m³ lavaliet in een laag van 15 cm aangebracht. Daaroverheen is 34 m³ M3C zand aangebracht in een laag van 20 cm. M3C-zand is een soort rivierzand dat veel gebruikt wordt bij de aanleg van sportvelden en paardenbakken. Het heeft als belangrijkste eigenschap een goed drainerende werking. Vanaf 2 maart zijn er melkkoeien gehouden in de zandstal. Vanaf dat moment is twee keer per dag (om 8:00 en 16:00 uur) de mest handmatig uit het ligbed verwijderd. Verder is de zandlaag niet bewerkt.

De koeien zijn tweemaal daags als groep gemolken door een melkrobot die in de aangrenzende ligboxenstal stond. Ruwvoervoorziening was volgens de norm, krachtvoer is in de melkrobot verstrekt. Aanvankelijk is begonnen met acht melkgevende koeien in de zandstal te huisvesten. Later is dat uitgebreid naar 12 en zelfs 15 dieren, maar vervolgens weer teruggebracht naar 12 dieren omdat de indruk was dat de lig- en loopruimte met 15 dieren te zwaar bezet was. Na deze initiële wisselingen is de samenstelling van de groep vrijwel ongewijzigd gebleven tot 17 augustus. Twee dieren zijn iets eerder uit de groep gehaald omdat ze werden drooggezet. De dieren werden niet beweid. Omdat Aver Heino een biologisch melkveebedrijf is, was hiervoor ontheffing nodig die werd verleend onder voorwaarde dat de proefkoeien halverwege de periode vervangen zouden worden. Op 17 augustus zijn daarom alle koeien die op dat moment in de zandstal verbleven, vervangen door andere koeien die tot de einddatum in de vrijlooptal zijn gehuisvest. Een van deze 12 dieren is later ingestroomd omdat ze nog niet had gekalfd op 17 augustus. Het precieze verloop van het aantal dieren en de beschikbare hoeveelheid oppervlak is weergegeven in tabel 2. Gemiddeld zijn 11,8 dieren in de zandstal gehuisvest, die 14,5 m² ligoppervlak hadden.

In beide groepen zaten relatief veel oudere koeien: de eerste groep van 12 bestond uit drie vaarzen, twee 2^e-kalfs dieren, drie 3^e-kalfs dieren en vier 4^e-kalfs dieren, de tweede groep bestond uit 2 vaarzen, vier 2^e-kalfs dieren en zes 4^e-kalfs dieren. Bij instroom waren de dieren in de 1^e groep gemiddeld 118 dagen in lactatie (range van 20 tot 356 dagen), vrijwel gelijk aan de gemiddelde lactatielengte van de 2^e groep (119 dagen met een range van 20 tot 208 dagen).

Tabel 2 Aantal dieren in zandstal en beschikbaar oppervlak

Datum	Aantal dieren	Totaal oppervlak [m ² /dier]	Ligruimte [m ² /dier]
1 maart 2009	8	23,8	21,3
9 april 2009	12	15,8	14,2
23 april 2009	15	12,7	11,3
20 mei 2009	12	15,8	14,2
24 juli 2009	11	17,3	15,5
10 augustus 2009	10	19,0	17,0
17 augustus 2009	11	17,3	15,5
14 september 2009	12	15,8	14,2

Op 19 mei was het zand zo bevuild dat het gedeeltelijk is vervangen door schoon zand. Tegelijkertijd is de laag zand vergroot tot 25 cm. Op 13 augustus is nog een keer vers zand aangevoerd, zonder dat vuil zand is verwijderd. Op 2 september is de hele laag zand verwijderd en vervangen door een nieuwe laag. Op 23 oktober 2009 is het experiment beëindigd.

2.1.2 Praktijkervaringen en onderzoeksresultaten

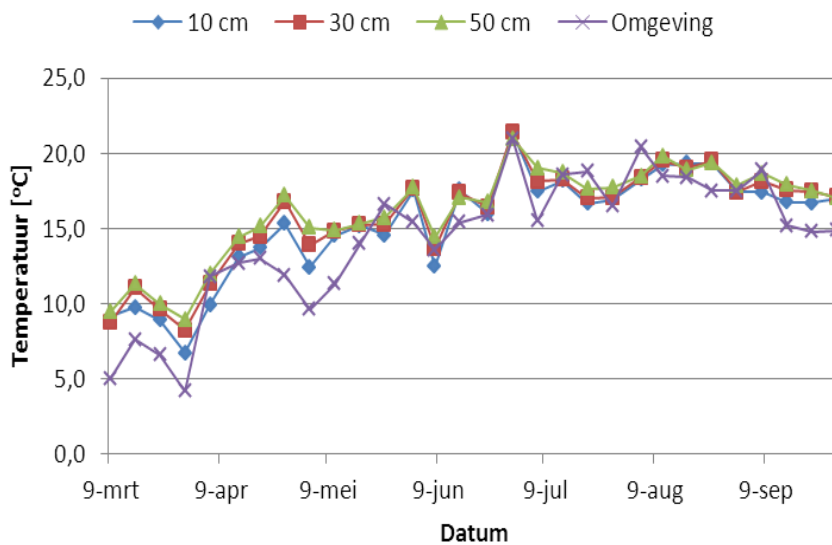
Vervuiling van het zandbed bleek in de praktijk van de zandstal het grootste probleem. De twee belangrijkste factoren die daarbij een rol speelden zijn bezetting van de zandstal (aantal m² per dier) en de frequentie waarmee de mest van de bovenlaag werd verwijderd. Als de frequentie te laag is en de mestflatten dus een tijdje blijven liggen, neemt bij hogere bezetting de kans toe dat de dieren in de mestflatten gaan liggen of er door lopen waardoor die worden versmeerd. Dit is nadelig voor de hygiëne van zowel de dieren als het ligbed.

Twee keer per dag verwijderen van mestflatten bleek onvoldoende. Maar zelfs bij een kleinschalige opzet zoals hierboven beschreven, bleek verhoging van die frequentie praktisch al niet haalbaar. Wil een zandstal toepasbaar zijn in de praktijk zonder regelmatige toevoeging of vervanging van zand, dan moet de mest zo snel mogelijk worden verwijderd uit het zandbed.

De bezetting van de zandstal speelt daarbij ook een rol. Uit de ervaring gedurende deze pilot blijkt dat, bij deze lage uitmestfrequentie, een bezetting van 12 koeien maximaal is. De koeien hebben daarbij dus totaal ongeveer 15 m² per dier beschikbaar.

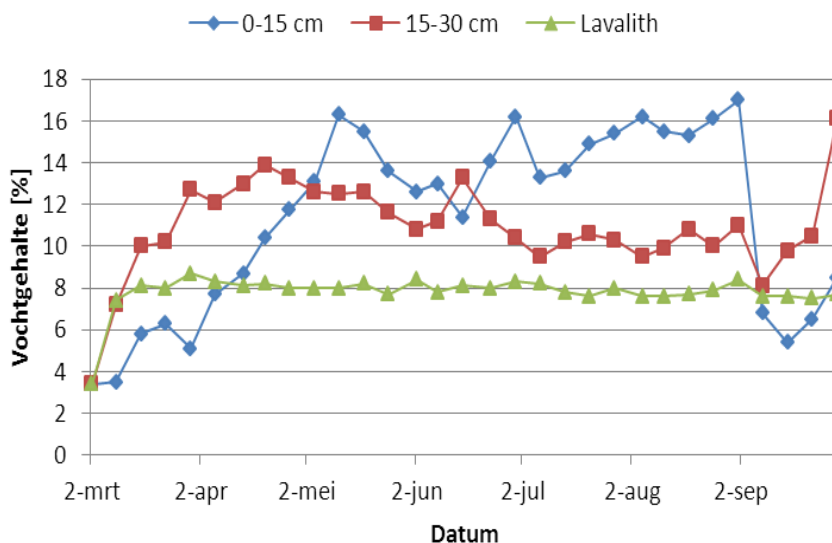
Op 8 mei zijn voor het eerste de lekbakken gelegegd. In de middelste lekbak zat 80 ml vloeistof. Op 19 juni zat in de eerste bak, die het dichtst bij het vreetgedeelte lag, 1,4 liter in de middelste bak 0,4 liter en in de derde bak, die het verst van het vreetgedeelte af stond, 0,2 liter. De lekbakken zijn nog gelegegd op 20 juli en 7 september. Ook de laatste keer bevatte lekbak 1 het meeste vocht.

Tijdens de pilot zijn verschillende waarnemingen aan dier een bodem gedaan. De dierwaarnemingen worden gerapporteerd in hoofdstuk 3, de milieuwaarnemingen in hoofdstuk 4. Hieronder worden waarnemingen aan de bodemtemperatuur en het vochtgehalte weergegeven.



Figuur 3 Verloop van bodemtemperatuur zandbodem

In de figuur 3 is het verloop van de gemiddelde temperatuur over zes plekken in drie lagen van het ligbed weergegeven. De temperatuur op verschillende diepten verschilt nauwelijks van elkaar en de bodemtemperatuur volgt nauwgezet de omgevingstemperatuur. Zoals verwacht heeft er geen biologische activiteit plaatsgevonden in de bodem waarbij warmte is vrijgekomen.



Figuur 4 Verloop vochtgehalte van zandbodem

Figuur 4 laat het verloop van het vochtgehalte in de bodem zien. Daarvoor zijn op dezelfde plekken als bij de temperatuurwaarnemingen monsters genomen op twee diepten in de zandlaag en een monster van de onderlaag van lavaliet. Het vochtgehalte in de lavalietlaag neemt vanaf het begin toe tot ongeveer 8% maar blijft daarna stabiel gedurende de hele pilot. Het lijkt erop dat het zand snel vocht heeft doorgelaten en de lavalietlaag vervolgens verzadigd is geraakt en gebleven. Het vochtgehalte in de onderste zandlaag neemt ook snel toe maar blijft stijgen tot een niveau tussen 12 en 14% vocht en blijft enige weken tussen die waarden variëren. Door de fijnere structuur van het materiaal zal er meer water in blijven hangen vergeleken met de onderliggende laag lavaliet. Daarna daalt het vochtgehalte langzaam tot een waarde van ongeveer 10% mogelijk door de toenemende temperatuur van de zandlaag in de zomermaanden. Het vervangen van de zandlaag begin september is terug te vinden in het verloop van het vochtgehalte. De bovenste zandlaag vertoont de meeste variatie. Het vochtgehalte neemt duidelijk toe, maar langzamer dan bij de onderste zandlaag. Het vervangen van een gedeelte van het zand half mei en het verversen van de hele zandlaag begin september zijn duidelijk terug te vinden in het verloop van het vochtgehalte.

2.1.3 Samenvatting

De verwachting dat het vocht (urine) afgevoerd zou worden naar de onderste laag van het zandbed bleek in het begin van het experiment terecht. Doordat maar twee keer per dag de mestflatten uit het ligbed werden verwijderd raakte het zandpakket steeds meer vervuild. Dit werd nog erger door een toenemende veebezetting. Wanneer het zandpakket vervuild raakte nam de drainerende werking af en raakte het zandpakket verdicht. Het vochtgehalte liep op doordat meer vocht werd vastgehouden dan er verdampte. Voor een succesvolle zandstal is het frequent verwijderen van de mest noodzakelijk en moet de bezetting niet te hoog op lopen. Anders moet het zand te snel vervangen worden en vervuild het zand en de dieren te snel. Handmatige verwijdering is bij grotere dieraantallen geen oplossing. Verdere toepassing van de zandstal is daarom alleen uitvoerbaar bij een systeem of apparaat dat de mest zelfstandig verwijdert. Zolang dit niet beschikbaar heeft verdere uitwerking van de zandstal geen zin.

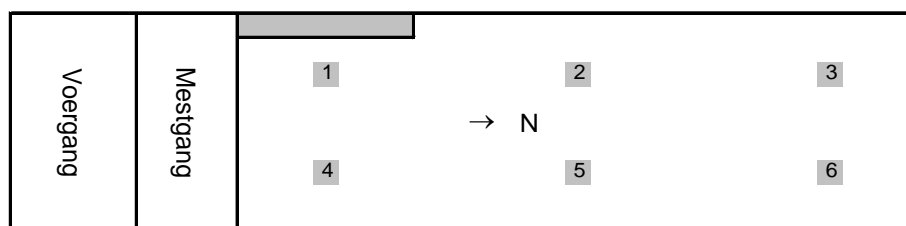
2.2 Compost

Op de Waiboerhoeve is geëxperimenteerd met een mengsel van houtsnippers en zaagsel als bodemmateriaal voor de vrijloopstal. De bedoeling is dat dit mengsel samen met de mest van de koeien die daar worden gehouden, gaat composteren. Door de warmte die dan vrijkomt, blijft het ligbed droog en door de omzetting van organische stof ontstaat uiteindelijk compost.

Een gedeelte van de bestaande transitiestal is daarvoor omgebouwd. De transitiestal bestaat uit een aantal strohokken op een betonnen ondergrond achter een dichte betonnen loopvloer die grenst aan het voerhek. Een van deze strohokken is naar achteren uitgebreid.

De bovenbouw van de stal bestaat uit een serrestal geleverd door ID-Agro. De zijwand aan de kant van de voergang (zuiden) is volledig voorzien van vast windbreekgaas waarover een zeildoek getrokken kan worden. De west- en noordzijde bestaan uit een borstwering van 1,5 meter met daarboven ook vast windbreekgaas met een beweegbaar zeildoek. De rest van de transitiestal bevindt zich aan de oostzijde van de compoststal. Boven het liggedeelte in de compoststal zijn twee HVLS ventilatoren opgehangen.

Het ligbed is 8,8 meter breed en 27 meter lang en heeft een oppervlak van 234 m². Het grijs aangegeven hoekje gaat af van het ligbed omdat daar de bedieningskast voor de automatische stroverdeler is aangebracht. Deze stroverdeler wordt gebruikt voor het instrooien van de rest van de transitiestal. De mestgang achter het voerhek is 4 meter breed en heeft een oppervlak van 35,2 m². In totaal is dus bijna 270 m² loop- en ligoppervlak beschikbaar voor de dieren.



Figuur 5 Plattegrond met meetplekken.



Foto 2 Koeien in de compoststal vlak na het begin van de pilot

2.2.1 Opbouw, aanleg en management

De compoststal is begin maart 2009 aangelegd. Als start is een laag van 50 cm aangebracht bestaande uit een gelijke hoeveelheid gezeefd vers vureenzaagsel en fijne houtsnippers. De houtsnippers dienden als onderlaag, waarna het vureenzaagsel is toegevoegd als toplaag. Aansluitend is de bodem gecultiveerd met een triltandcultivator waardoor de lagen enigszins gemengd zijn. Zowel de snippers als het zaagsel zijn afkomstig van ontschorst hout. Vanaf 19 maart zijn 13 lacterende koeien in de compoststal gehouden aangevuld met zes extra dieren op 10 april. Afgezien van wisselingen vanwege droogzetten zijn tot het eind van de pilot op 9 november vrijwel continue 19 dieren gehouden op de bedding (zie tabel 3). De aanvankelijke diergroep bestond uit vijf vaarzen, vier 2^e-kalfs dieren, zeven 3^e-kalfs dieren, drie 4^e-kalfs dieren en één 5^e-kalfs koe. Deze dieren waren gemiddeld 165 dagen in lactatie (range van 1 tot 352 dagen).

Tabel 3 Aantal dieren in de compoststal en beschikbaar oppervlak

Datum	Aantal dieren	Totaal oppervlak [m ² /dier]	Ligruimte [m ² /dier]
19 maart 2009	13	20,8	18,0
10 april 2009	19	14,2	12,3
20 augustus 2009	18	15,0	13,0
11 september 2009	19	14,2	12,3

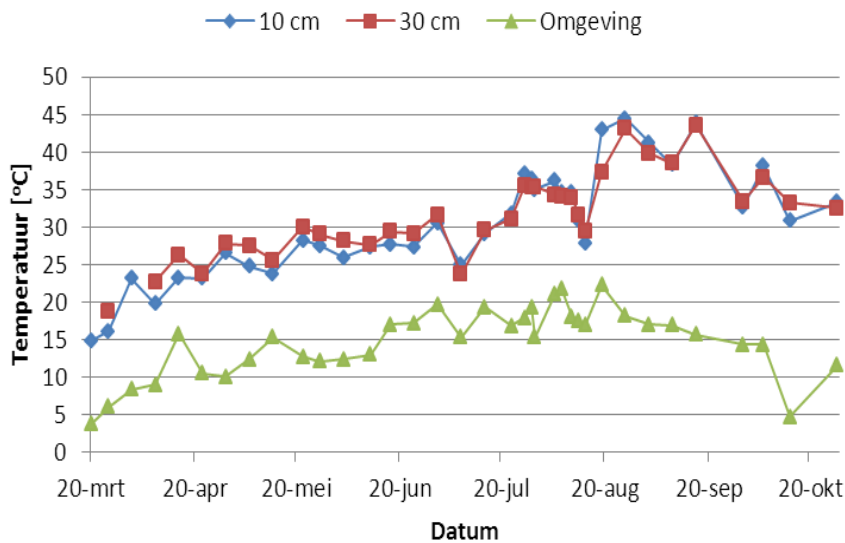
In de eerste weken is een hek geplaatst tussen de loopgang en het ligbed om het koeverkeer tussen beide ruimten enigszins te kunnen beïnvloeden maar vanaf eind maart is het hek verwijderd. Het bleek dat het liggedeelte vlak bij de doorgang naar de loopgang te intensief werd belopen en steeds natter werd.

Het ligbed is twee keer per dag bewerkt met een triltandcultivator. De trekker bleef in het ligbed staan maar niet steeds op dezelfde plek. Zo konden de koeien gebruik maken van het hele ligbed. De ventilatoren draaiden dagelijks. De stand van het ventilatiedoek heeft gevarieerd afhankelijk van de weersomstandigheden.

2.2.2 Praktijkervaringen en onderzoeksresultaten

Omdat bepaalde gedeelten van het ligbed te nat werden is vrijwel direct na de start van de pilot droog materiaal van andere plekken in het ligbed vermengd met de natte plekken. Ook is regelmatig (eind

maart, half en eind mei en begin juni) extra zaagsel toegevoegd. Dit verbeterde de situatie wel op korte termijn maar niet structureel. Vanaf het begin van de pilot is op twee diepten in het ligbed (10 en 30 cm) wekelijks op zes plekken (zie figuur 5) de temperatuur en het vochtgehalte van het ligbed bepaald. Figuur 6 en figuur 7 laten het verloop zien.

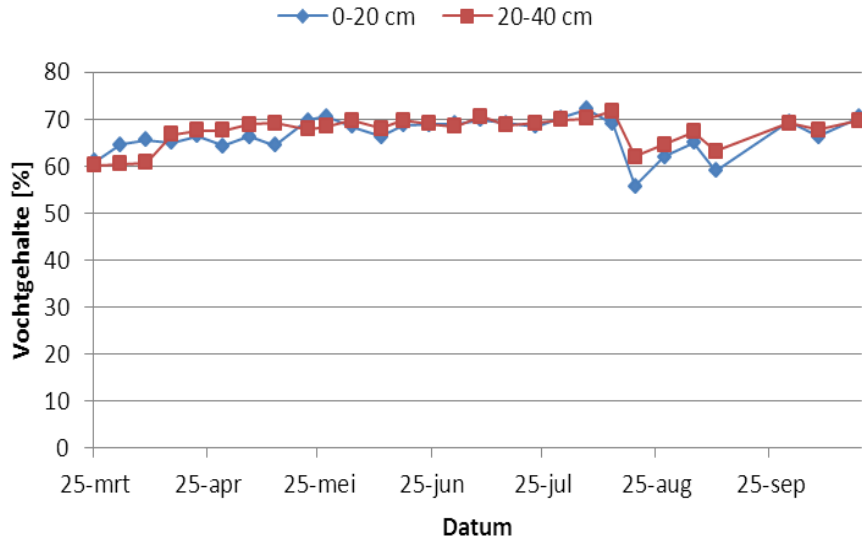


Figuur 6 Verloop van bodemtemperatuur compostbodem

Na een aanvankelijke stijging van de temperatuur in de eerste weken stabiliseerde de temperatuur in het ligbed zich tussen 25 en 30 °C. Het vochtgehalte is hoog bij de start van de pilot. Dit neemt in de weken daarna nog licht toe terwijl verwacht was dat het vochtgehalte zou dalen als gevolg van de warmte die vrijkomt bij compostering.

Omdat de situatie wat betreft vochtgehalte in het ligbed niet verbeterde en de temperatuur niet hoger werd, is besloten een satellietexperiment op te zetten om te achterhalen welke acties de compostering in het ligbed zouden stimuleren. De opzet en uitkomsten van dit satellietexperiment zijn beschreven in BIJLAGE II. Uiteindelijk is gekozen voor een vergroting van de laagdikte en toevoeging van sneller afbreekbare organische stof in de vorm van voerresten.

Tussen 20 en 24 juli 2009 is, in drie keer, 4700 kg voerresten toegevoegd aan de bedding. Dit had direct effect op de temperatuur die in de dagen daarna opliep van 25 °C naar ongeveer 37°C. Deze stijging was echter maar van korte duur; half augustus is daarom besloten om de onderste helft van de bodem, die vanaf half augustus duidelijk natter werd dan de bovenste helft, te verwijderen en te vervangen door nieuw zaagsel en tegelijkertijd de dikte van de compostlaag te verdubbelen. Dat is uitgevoerd op 17 augustus. Dit had duidelijk effect en de temperatuur bleef gedurende een maand tussen de 40 en 45 °C. Het vochtgehalte daalde tot ongeveer 60%. Tegen het einde van de pilot liep de temperatuur echter weer terug en het vochtgehalte op. Risico van een niet optimaal verloopende compostering is een verhoogde stikstofemissie in de vorm van ammoniak of lachgas.



Figuur 7 Verloop vochtgehalte van compostbodem

2.2.3 Samenvatting

De temperatuur in de compostlaag is gedurende het grootste deel van de pilot relatief laag geweest. De temperatuur tijdens compostering is een resultante van warmte productie door compostering en warmteverlies. Een lage temperatuur hoeft daarom dus niet een teken te zijn van verminderde compostering. Toch wijzen de uitkomsten van het satellietexperiment daar wel op. Een tekort aan beschikbare koolstof is mogelijk de oorzaak van verminderde compostering. Gecombineerd met een relatief dunne compostbodem en daardoor relatief veel warmteverliezen naar de betonnen ondergrond of luchtlaag boven de bedding maakten dat de temperatuur in het ligbed onvoldoende hoog was. Er verdampte daardoor te weinig vocht waardoor het ligbed te vochtig bleef. Toediening van extra zaagsel hielp op de korte termijn wel om de koeien schoon te houden maar bood op de lange termijn geen oplossing. De verwachting is dat door de laagdikte te vergroten er ook bij de nu gebruikte materialen een praktisch toepasbaar ligbed kan ontstaan.

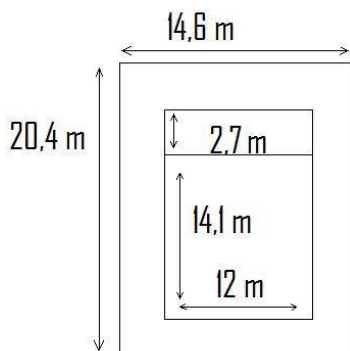
2.3 Toemaak

Op Praktijkcentrum Zegveld is geëxperimenteerd met toemaak als bodemmateriaal voor de vrijloopstal. Toemaak is mengsel van slootbagger en stalmest dat vroeger in de veenweidegebieden op het land werd gebracht als bemesting. In de labexperimenten die voorafgingen aan de praktijkexperimenten (Smits *et al.*, 2009) kwam toemaak op het gebied van ammoniakemissie goed uit de bus. Dat was de reden om hiermee een praktijkexperiment te beginnen. Omdat geen ruimte beschikbaar was in de bestaande stallen is voor het praktijkexperiment een kleine vrijloopstal gebouwd met een bovenbouw afkomstig uit de tuinbouw. Deze V-stal heeft zijwanden die bestaan uit te openen panelen en drie foliekappen waarvan twee zijden te openen zijn (zie foto 3). Door de voorbereidingen voor deze bouw is het praktijkexperiment op Zegveld later van start gegaan dan op de Waiboerhoeve en Aver Heino. Op 26 augustus 2009 is de stal in gebruik genomen en de waarnemingen hebben geduurd tot 14 mei 2010. Gedurende die periode zijn 12 melkgevende koeien gehuisvest die individueel gewisseld werden als ze droog gezet moesten worden. Aan het eind van de waarnemingsperiode zijn ook een aantal droogstaande koeien gehuisvest. De aanvankelijke diergroep bestond uit vier vaarzen, vier 2^e-kalfs dieren, twee 3^e-kalfs dieren en twee 6^e-kalfs koeien. Deze dieren waren gemiddeld 218 dagen in lactatie (range van 117 tot 347 dagen).



Foto 3 Vrijlooptal gebouwd voor praktijkexperiment met toemaak

De afmetingen van het ligbed van de toemaakstal zijn 12,0 bij 14,1 meter. Over de hele breedte bevindt zich een voerpad dat bestaat uit stelcon platen. Het voer wordt buiten de stal verstrekt afgescheiden door een buis. Het totale oppervlak van het ligbed is 169,2 m². Inclusief het vreetgedeelte is het oppervlak 201,6 m². Per koe is dus ruim 16,6 m² loop- en ligruimte beschikbaar waarvan 14,1 m² in het ligbed. Het ligbed bestaat uit een mengsel van bagger en riet. De bagger is afkomstig van een centraal baggerdepot in de regio en heeft een hoog kleigehalte. Het riet was afkomstig uit de nabijgelegen Nieuwkoopse plassen.



Figuur 8 Plattegrond van de toemaakstal

2.3.1 Opbouw, aanleg en management

Bij de aanleg van de toemaakbodem op 14 augustus 2009 is een mengverhouding bagger:riet van 80:20 op drogestof basis beoogd. Het droge stofgehalte van de kleibagger was 76%, van het riet 60%. In totaal is 8,0 ton riet en 28,0 ton kleibagger toegevoegd. Daarna is vrijwel dagelijks materiaal toegevoegd, meestal riet. Tot aan 23 april 2010 werd nog 34,7 ton riet en 49,0 ton bagger toegevoegd (zie tabel 4).

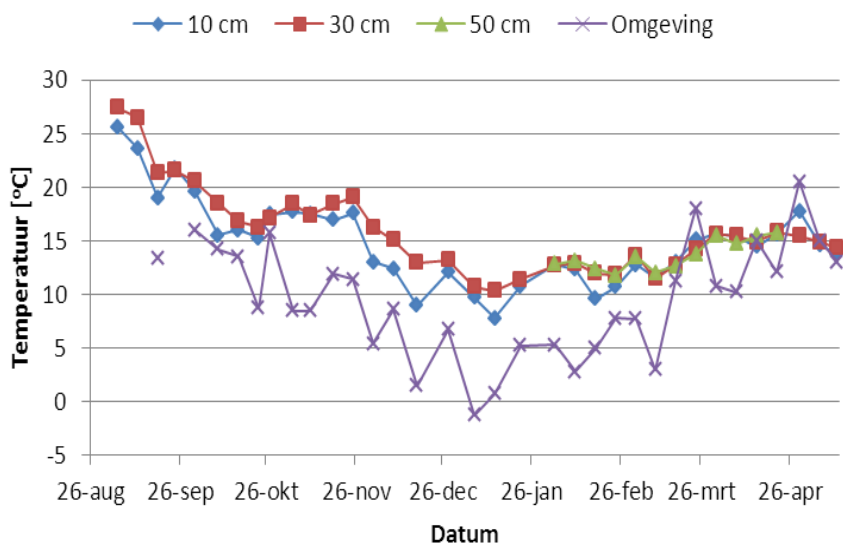
Tabel 4 Toegediend materiaal aan toemaakbodem

	Riet	Bagger	Totaal
Totaal [ton]	42,7	77,0	119,7
per m ² [kg]	252,7	455,7	708,4
per dier [ton]	3,6	6,4	10,0
per dier per dag [kg]	14,1	0,2	14,2
per m ² per dag [kg]	1,0	1,8	2,8

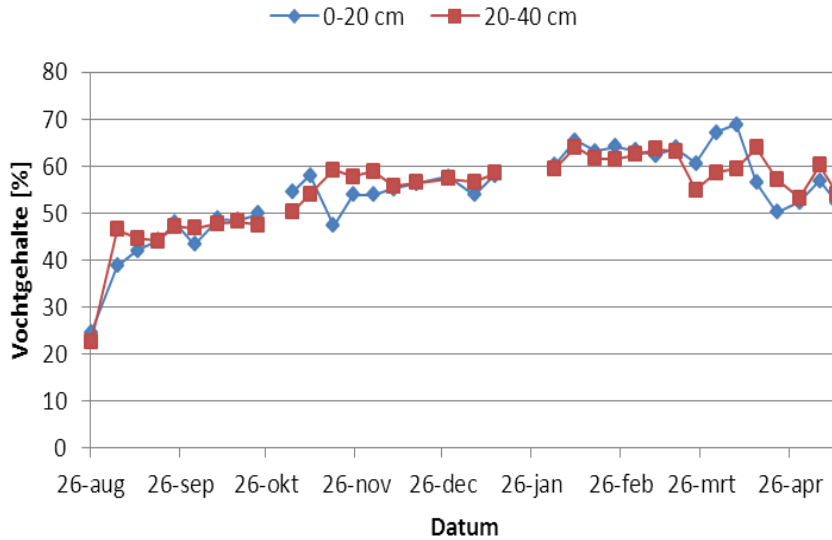
Eenmaal per dag is de toemaakbodem bewerkt. Er is gedurende de pilot geëxperimenteerd met verschillende werktuigen voor de bewerking van de bodem. De spitmachine bleek te groot voor de vrijloopstal en leverde een te grove bewerking. De freesmachine bleek niet sterk genoeg voor het mengen van de klei en het riet. Uiteindelijk bleek een spit-freemachine het meest geschikt. Vanaf 5 maart is de bodem niet meer bewerkt. Het riet is tussen 6 november en 13 december 2009 gehakseld toegevoegd.

2.3.2 Praktijkervaringen en onderzoeksresultaten

De hygiëne van de koeien bleek tijdens de pilot het belangrijkste zorgpunt bij het dagelijkse management. Door het variëren van de bewerking, hoeveelheid toegevoegd materiaal en de manier waarop dat werd toegediend (gehakseld of niet) is geprobeerd de hygiëne van de dieren te verbeteren. De temperatuur van de bodem volgde grotendeels de omgevingstemperatuur zoals blijkt uit figuur 9. Ook tussen de verschillende diepten is nauwelijks verschil.

**Figuur 9** Verloop van temperatuur in stal en toemaakbodem op praktijkcentrum Zegveld

Het ingebrachte materiaal was bij aanvang droog, maar het vochtgehalte van de bodem liep gedurende de pilot op en stabiliseerde zich rond 60%. Het seizoen lijkt hier een rol te spelen: bij toenemende omgevingstemperatuur neemt het vochtgehalte weer af.



Figuur 10 Verloop van vochtgehalte in toemaakbodem

2.3.3 Samenvatting

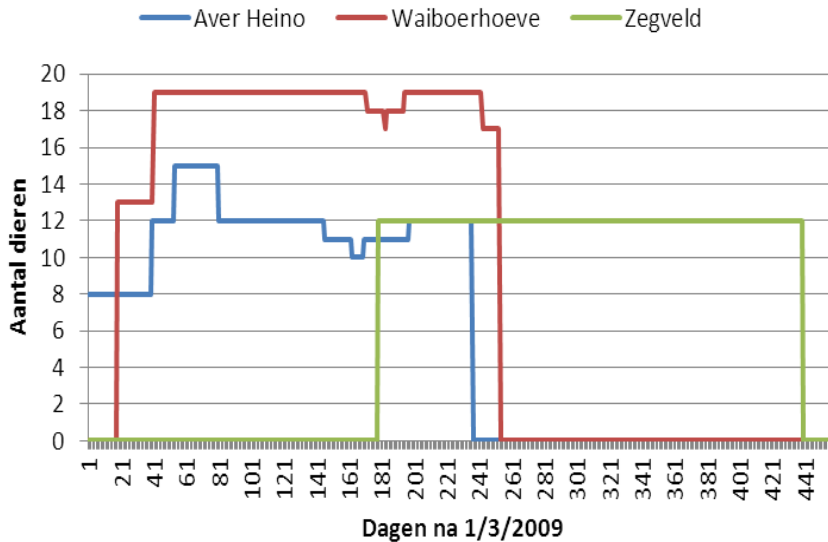
Met het gebruik van bagger en riet als bodem om melkvee op te houden, was vooraf geen enkele ervaring. De pilot met deze toemaakbodem stond dan ook voornamelijk in het teken van het opdoen van ervaring. Het belangrijkste punt tijdens de hele periode was het schoonhouden van de dieren en het bewerken van de bodem. Naast de gegevens over milieu, diergezondheid en -welzijn en hygiëne en melkwaliteit, die in de volgende hoofdstukken aan de orde komen, heeft de pilot vooral een werkwijze opgeleverd waarop de toemaakbodem gebruikt kan worden. Wat betreft het soort bagger is gebleken dat klei inderdaad veel vocht absorbeert. Aan de andere kant is de kans op versmering groot, waardoor het ligbed ondoorlatend wordt en de afvoer van vocht (urine) wordt belemmerd. Riet heeft als nadeel dat het in vergelijking met stro weinig vocht kan absorberen. Aan de andere kant geeft riet meer stevigheid aan het ligbed en blijft het ligbed daardoor beter beloopbaar. Het is daarom ook verstandig het riet niet te verkleinen, maar onbewerkt aan het ligbed toe te voegen. De indruk is dat het laagsgewijs aanbrengen van riet en bagger de draagkracht van de bodem vergroot. Hierin speelt de bewerking ook een grote rol. Uit ervaring is gebleken dat de bewerking niet te intensief moet zijn. Dit draagt bij aan versmering en verminderde draagkracht van de bodem. Wellicht dat een bewerking zelfs helemaal achterwege gelaten kan worden als de bedding in laagjes met afwisselend riet en bagger wordt opgebouwd.

3 Dierwaarnemingen

Wijbrand Ouweltjes

3.1 Dieraantallen

Het aantal proefdieren op de verschillende proefbedrijven is weergegeven in figuur 11.

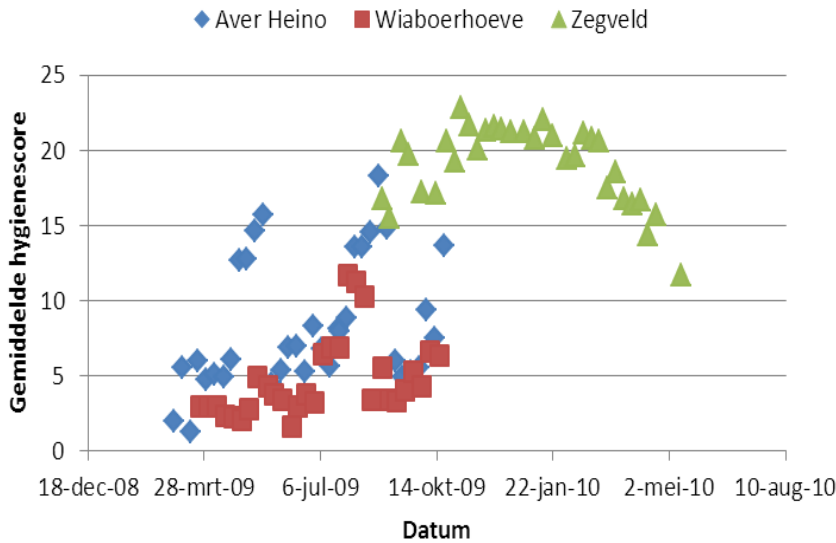


Figuur 11 Verloop aantal proefdieren per bedrijf

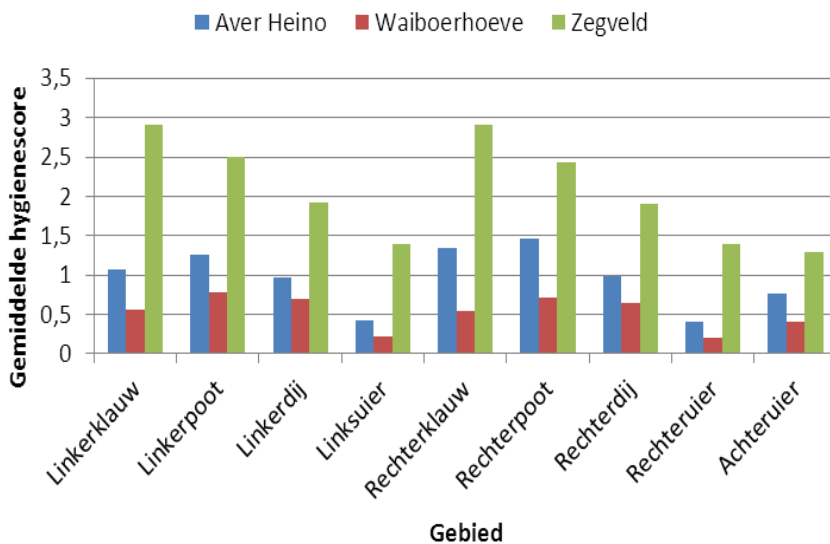
3.2 Hygiënescore

Door de proefbedrijven is wekelijks de hygiëne van de dieren beoordeeld. Steeds is voor negen gebieden de mate waarin de huid met mest bevuild is beoordeeld op een schaal van 0 (geen bevulling) tot 3 (meer dan de helft bedekt met mest). De onderscheiden gebieden zijn: linker achterklauw, linker achterpoot, linker dij, linkerzijde uier, rechter achterklauw, rechter achterpoot, rechter dij, rechterzijde uier, achterzijde uier. De totale score per dier is berekend als de som van de scores per gebied, de maximale score is dus 27. Het verloop van de gemiddelde totale score is weergegeven in figuur 12. Hieruit blijkt dat vooral op Aver Heino en in mindere mate op de Waiboerhoeve de score meerdere keren geleidelijk toenam waarna (als gevolg van hygiënemaatregelen) de dieren weer schoner werden. Op Zegveld was de score voortdurend aan de hoge kant en waren de dieren dus aanzienlijk vuiler dan op de andere bedrijven. Dat komt ook duidelijk naar voren uit figuur 13, waarin de gemiddelde score per gebied per bedrijf wordt weergegeven.

De extra bevulling op Zegveld zit vooral op de achterpoten en klauwen, maar ook de overige gebieden zijn meer bevuild dan op de andere proefbedrijven. In het algemeen zijn van de beoordeelde gebieden de klauwen en poten het meest bevuild en het uier het minst. Dat komt overeen met bevindingen van Smolders (pers. mededeling) die hygiëne heeft beoordeeld op zowel bedrijven met ligboxen als bedrijven met potstallen. Uit zijn onderzoek bleek dat in potstallen de uiers gemiddeld meer bevuild waren dan in ligboxenstallen. Voor de overige beoordeelde delen van de huid was er geen verschil tussen ligboxenstallen en potstallen. Samengevat kan we uit de waarnemingen en het onderzoek van Smolders concluderen dat de hygiëne in het algemeen een aandachtspunt is in vrijloopstallen; vooral bij de toemaakbodem op Zegveld dient de hygiëne verbeterd te worden om deze bodem in de praktijk te kunnen toepassen.



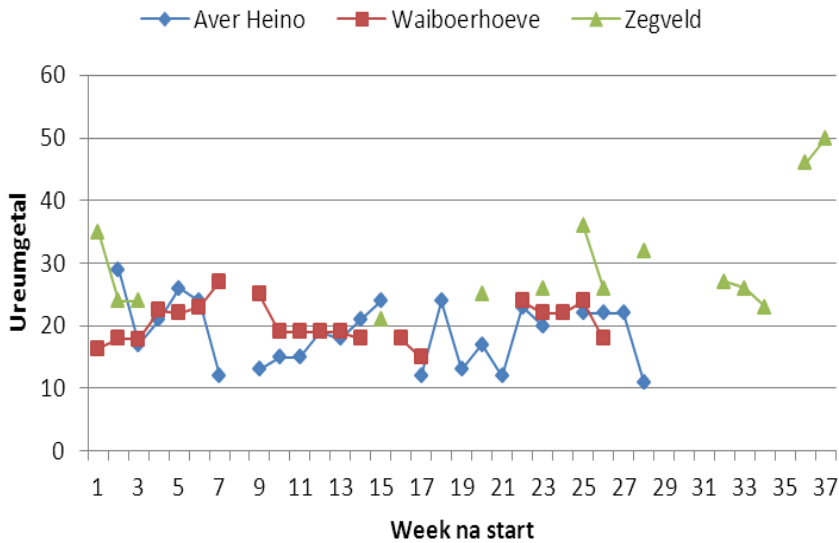
Figuur 12 Verloop gemiddelde totale hygiënescore per bedrijf



Figuur 13 Gemiddelde hygiënescore per gebied per bedrijf

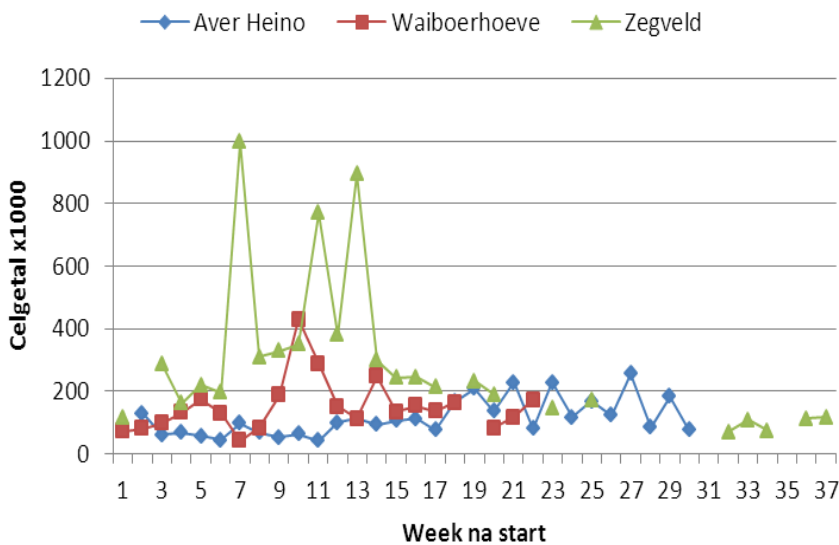
3.3 Melkproductie en -samenstelling

Gedurende de proef zijn op de bedrijven, naast het gebruikelijke melkcontrole monster, wekelijks extra melkmonsters genomen. Hierin zijn het celgetal en het ureumgetal bepaald. Het verloop van het melkureum van deze monsters is weergegeven in figuur 14, die van het celgetal in figuur 15.



Figuur 14 Verloop melkureum vrijloopstallen

De gemiddelde ureumwaarde heeft rond de 20 geschommeld en ligt daarmee iets lager dan die in de individuele melkcontrolemonsters (zie BIJLAGE I). Voor Zegveld loopt de waarde aan het einde van de waarnemingsperiode nogal op door veranderingen in het rantsoen. De ureumwaarden zijn primair van belang bij het beoordelen van cijfers m.b.t. de ammoniakemissie.



Figuur 15 Verloop celgetal vrijloopstallen

De celgetallen in figuur 15 tonen een aanzienlijke variatie met, vooral voor Zegveld, een aantal zeer hoge uitschieters. Opvallend is dat deze extremen veel minder duidelijk zijn te zien in de gegevens van de individuele melkcontrolemonsters (zie BIJLAGE I). Die zijn echter met een lagere frequentie verzameld, hierdoor kunnen verhogingen zijn gemist. Op grond van de melkcontrolegegevens lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat de vrijloopstallen wat betreft celgetal geen duidelijk grotere risico's met zich meebrengen dan de standaard huisvesting in ligboxen op de proefbedrijven. Zeker als de grootte van de groepen in aanmerking wordt genomen en wordt meegewogen dat de hygiëne een aandachtspunt is. Het gemiddeld gewogen celgetal van een groep proefdieren in de vrijloopstal week namelijk niet wezenlijk af van dat van de rest van de koppel (zie BIJLAGE I).

De grafieken in BIJLAGE I, waarin het verloop van enkele kengetallen van de melkcontrole van de dieren in de vrijloopstallen is vergeleken met die voor de rest van het bedrijf, geven aan dat de

productie (grammen vet en eiwit) op Aver Heino en de Waiboerhoeve vergelijkbaar verliep met die voor de rest van de veestapel. Op Zegveld was de productie van de dieren in de vrijloopstal lager dan die van de rest van de veestapel. De aanvankelijke daling van de productie in grammen vet en eiwit op dat bedrijf hangt samen met het geleidelijk naderen van de droogzetdatum voor zes dieren. Dat de productie ook na het droogzetten en vervangen van deze dieren lager bleef hangt samen met het vervangen van deze dieren (met bovengemiddelde lactatiewaardes) voor laagproductieve dieren vanaf december 2009. Daardoor was de gemiddelde lactatiewaarde van de vrijloopgroep op Zegveld ook in de tweede helft van de waarnemingsperiode duidelijk lager dan die voor de rest van de koppel. Ook op Aver Heino was er een verschil in lactatiewaarde tussen de eerste en de tweede groep dieren. De eerste groep had tijdens de melkcontrole op 28 juli 2009 een hogere lactatiewaarde (110) dan de tweede groep (103). Dit is waarschijnlijk de belangrijkste reden voor de lagere lactatiewaardes van de dieren in de vrijloopstal vanaf augustus 2009.

3.4 Klauwaandoeningen en huidbeschadigingen

De klauwgezondheid van de achterpoten bij de proefkoeien zijn op de drie bedrijven driemaal beoordeeld. Daarbij is ook het voorkomen van huidbeschadigingen gescoord. De resultaten voor de klauwbeoordelingen staan in tabel 5.

Tabel 5 Overzicht aantal klauwaandoeningen per bedrijf

	Aantal beoordeelde poten	Zoolbloeding*	Witte lijn*	Mortellaro	Stinkpoot	Tyloom
Aver Heino	78	19	2	16	15	0
Waiboerhoeve	96	48	17	3	0	0
Zegveld	70	25	4	30	22	7
Totaal	244	92	23	49	37	7

*Zoolbloedingen en witte lijn aandoeningen zijn gescoord per klauwhelft

Ondanks de zachte ondergrond in de vrijloopstallen blijken op alle bedrijven in lichte mate bloedingen voor te komen, maar waarschijnlijk speelt hierbij mee dat de dieren ook op beton lopen. Op Aver Heino kwam bij de 1^e beoordeling vrij veel Mortellaro en stinkpoot voor, maar dit was later sterk verminderd. Op Zegveld was het omgekeerde het geval: bij de laatste beoordeling hadden vrijwel alle dieren stinkpoot en in iets mindere mate Mortellaro. Voorafgaand hadden echter dierwisselingen plaatsgevonden, en waren koeien die op de nominatie stonden voor afvoer in de vrijloopstal gedaan. Oorzaken van zowel Mortellaro als stinkpoot liggen vooral op het terrein van hygiëne en besmettingsdruk. De resultaten laten zien dat de klauwgezondheid in een vrijloopstal niet zonder meer goed is. Onderzoek van Somers (2004) toonde echter aan dat op bedrijven met potstallen aanzienlijk minder klauwaandoeningen voorkomen dan op bedrijven met ligboxenstallen. Door de opzet van de pilots op de proefbedrijven is de klauwgezondheid van de dieren in de vrijloopstallen waarschijnlijk nog sterk beïnvloed door de omstandigheden in de ligboxenstallen. De betrekkelijk korte verblijfsduur in de vrijloopstal en de introductie van dieren met besmettelijke aandoeningen zijn er waarschijnlijk de belangrijkste oorzaken voor dat het aantal aandoeningen in de vrijloopstallen niet duidelijk afnam.

Huidbeschadigingen kwamen weinig voor bij de dieren in de vrijloopstallen en als ze voorkwamen betrof het meestal relatief kleine kale plekken. Daarom zijn voor het beoordelen van de resultaten de percentages waarnemingen waarbij een beschadiging is geconstateerd berekend (zie tabel 6).

Tabel 6 Percentage waarnemingen waarbij een huidbeschadiging is geconstateerd

Proefbedrijf	Nekband	Knie	Buitenhak	Binnenhak	Body
Aver Heino	26,7	6,0	19,3	0,0	18,7
Waiboerhoeve	1,9	6,7	24,0	9,6	7,7
Zegveld	28,6	2,9	4,3	1,4	15,7

Op Aver Heino en Zegveld kwamen relatief vaak kale plekken op de nekband voor, maar deze zijn niet veroorzaakt door het ligbed. Waarschijnlijk zijn ze het gevolg van een laag voerhek of voerbuis. De percentages dieren met beschadigingen voor de knie en binnen- en buitenhak zijn vergelijkbaar met de resultaten van Smolders in potstallen (pers. mededeling). Voor knie en buitenhak is door Smolders geconstateerd dat koeien in ligboxenstallen aanzienlijk meer beschadigingen hadden. Dit houdt wel verband met het zachte ligbed in potstallen. De in de vrijloopstallen gevonden percentages

dieren met beschadigingen op de rest van het lichaam zijn laag in vergelijking met de resultaten van Smolders in potstallen. Het relatief vaak voorkomen van huidbeschadigingen in potstallen wordt door Smolders geweten aan het feit dat daarin vaak gehoornde koeien worden gehouden, die elkaar met hun hoorns kunnen beschadigen. Ook in ligboxenstallen vond Smolders aanzienlijk meer huidbeschadigingen op de rest van het lichaam dan wij hebben gevonden in de vrijloopstallen. Dat is waarschijnlijk te wijten aan de aanwezigheid van ijzerwerk in deze stallen waaraan de dieren zich kunnen verwonden.

3.5 Registratie van diergedrag in de vrijloopstallen

Op de drie proefbedrijven zijn een aantal meetsessies uitgevoerd met IceTag Sensors van IceRobotics. (www.icerobotics.com). Dit zijn activiteitensensoren die liggen, staan en lopen registreren. De resultaten worden hieronder per bedrijf uitgewerkt. Daarin is regelmatig sprake van de term 'bout' of 'boutlengte'. Onder een 'bout' wordt een onafgebroken periode van liggen (ligbout) of staan (stabout) bedoeld. Een 'bout' wordt beëindigd doordat een dier gaat staan, gaat liggen of gaat lopen.

3.5.1 Aver Heino:

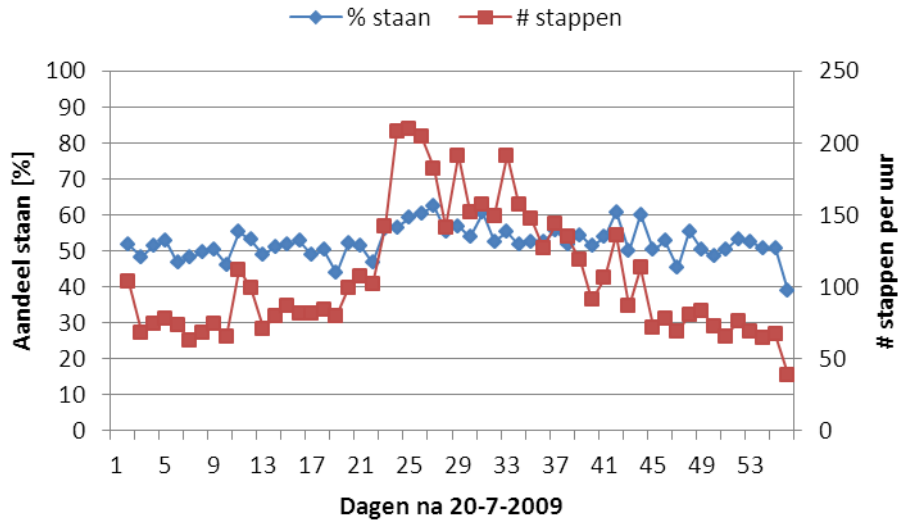
Op Aver Heino zijn drie meetsessies uitgevoerd: van 22 juli tot 12 augustus (met de eerste groep dieren), van 12 tot 27 augustus (met de tweede groep dieren, waarbij ze de eerste dagen nog in de weide liepen) en van 27 augustus tot 14 september (ook met de tweede groep dieren). Bij de tweede meetsessie is onderscheid gemaakt tussen de gegevens die betrekking hebben op de weideperiode en gegevens die betrekking hebben op de periode in de vrijloopstal. Alle 12 dieren in de vrijloopstal waren uitgerust met een Icetag sensor. Enkele algemene gemiddelden staan in tabel 7.

Tabel 7 Gemiddelden voor icetaggegevens per meetsessie op Aver Heino

Meetsessie	% Staan	# Stappen per uur	Boutlengte (min)	
			Liggen	Staan
1 (stal)	49,7	81,7	70,4	79,2
2 (weide)	60,4	195,6	52,9	103,4
2 (stal)	54,4	154,1	54,1	80,6
3 (stal)	52,3	87,2	54,1	66,3

Opvallend is dat de dieren in de weide meer stonden (dus minder lagen) dan in de stal. Dat geeft aan dat de statijd op zich niet veel zegt over het koecomfort. De percentages 'staan' in de stal zijn goed vergelijkbaar met de percentages die eerder op de Waiboerhoeve in de ligboxenstal (bij dieren in de serrestal die werden gemolken met een AMS) zijn vastgesteld. Ook blijken de koeien in de weide veel meer stappen te hebben gezet. De activiteit, vooral in de weideperiode maar in mindere mate ook in de stal, was hoger dan in het hierboven gememoreerde onderzoek op de Waiboerhoeve. Het hoge aantal stappen in de vrijloopstal tijdens de tweede meetsessie heeft wellicht ook met gewenning te maken: deze dieren waren toen voor het eerst in deze stal. De niveaus kunnen bovendien beïnvloed zijn doordat een groot deel van de veestapel wel weidegang had, wat tot enige onrust of frustratie bij de dieren in de vrijloopstal kan hebben geleid.

Uit de boutlengtes blijkt dat de dieren in de weide gemiddeld langer achtereen stonden en kortere ligbouts hadden. Bij de tweede groep dieren blijkt de afname van de hoeveelheid statijd na opstallen in de vrijloopstal samen te gaan met korter worden van de stabouts. Dat de dieren in de weide meer stonden, wordt vooral veroorzaakt doordat de stabouts langer waren, en niet zozeer doordat ze vaker zijn gaan staan en liggen. Het verloop van de gemiddelde activiteit en het percentage staan in de tijd blijkt ook uit figuur 16.

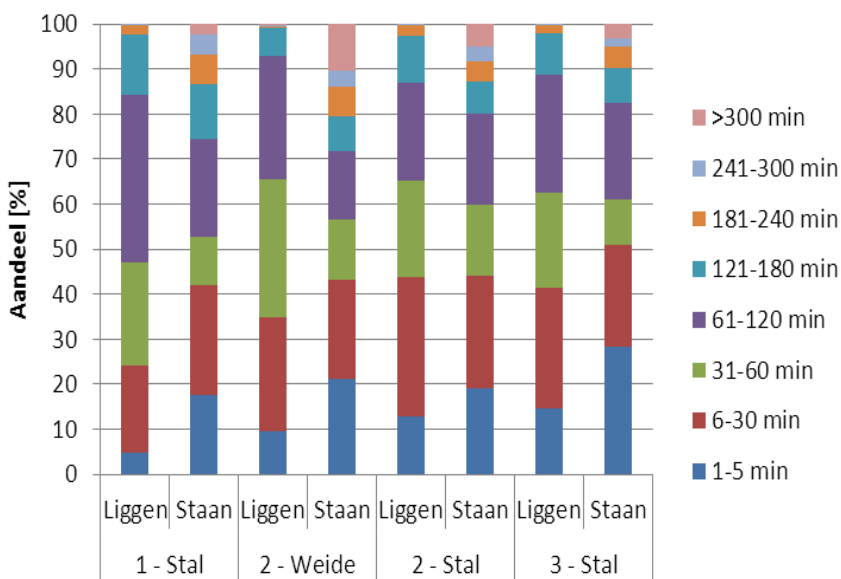


Figuur 16 Verdeling van aandeel 'staan' en aantal stappen per uur op Aver Heino per dag

Het aantal stappen daalt na het opstellen van de tweede groep geleidelijk en het uiteindelijke niveau is weer vergelijkbaar met de waarden van de eerste groep dieren.
De verdeling van de bouts over lengte-klassen in weergegeven in tabel 8.

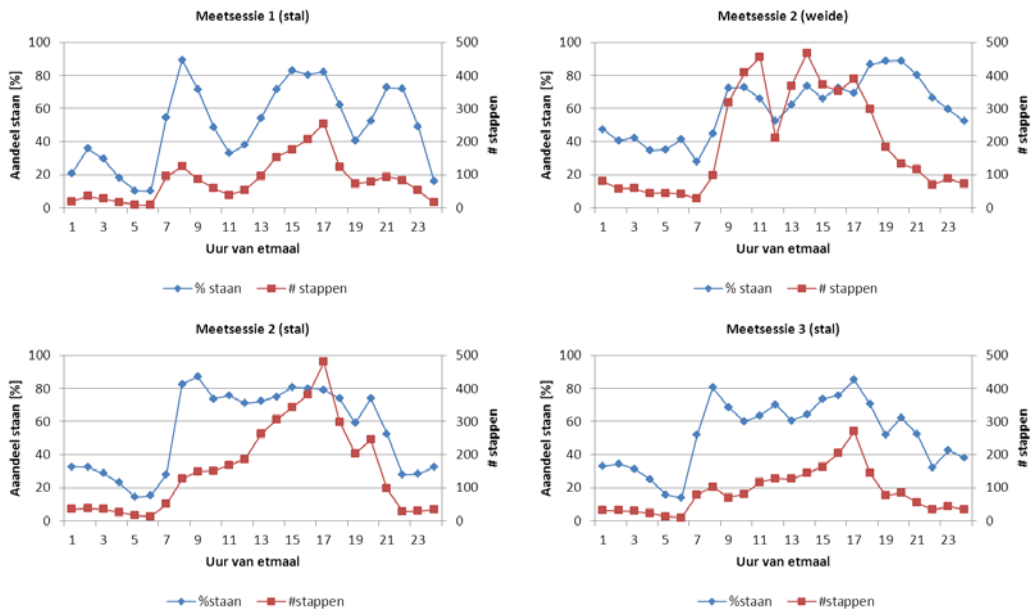
Tabel 8 Percentage bouts per lengte-klasse per meetsessie op Aver Heino

	Meetsessies							
	1 - Stal		2 - Weide		2- Stal		3 - Stal	
	Liggen	Staan	Liggen	Staan	Liggen	Staan	Liggen	Staan
1 - 5 min:	4,9	17,6	9,5	21,2	12,7	19,0	14,5	28,2
6 - 30 min:	19,3	24,4	25,4	21,9	31,1	25,1	27,0	22,6
31 - 60 min:	22,8	10,7	30,6	13,5	21,4	15,8	21,1	10,3
61 - 120 min:	37,3	21,7	27,3	15,1	21,7	20,1	26,1	21,4
121 - 180 min:	13,5	12,3	6,2	7,9	10,6	7,2	9,4	7,7
181 - 240 min:	1,9	6,6	0,5	6,5	2,2	4,4	1,6	4,7
241 - 300 min:	0,3	4,4	0,2	3,6	0,3	3,4	0,3	2,0
>300 min:	0,0	2,4	0,2	10,3	0,1	5,1	0,0	3,1



Figuur 17 Percentage bouts per lengte-klasse per meetsessie op Aver Heino

Lange ligbouts (>3 uur) blijken in de stal niet veel voor te komen, maar in de weide nog minder. Vooral in de weide komen lange stabouts wel vrij frequent voor. Uit figuur 18 blijkt dat de activiteit vooral overdag hoog is in de weideperiode. Het %staan is vooral overdag tamelijk vlak verdeeld in vergelijking met de andere bedrijven; er zijn geen duidelijke pieken rond melktijden te herkennen.



Figuur 18 Verloop van aandeel staan en aantal stappen per uur binnen een dag per meetsessie op Aver Heino

3.5.2 Waiboerhoeve

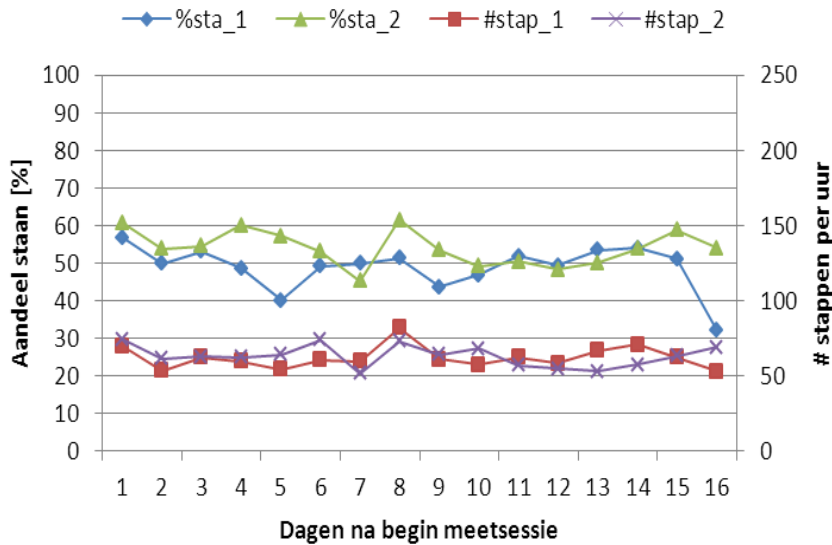
Op de Waiboerhoeve zijn twee aaneengesloten meetsessies uitgevoerd, de eerste van eind juni tot begin juli en de tweede tijdens de tweede helft van oktober en de eerste week van november. Alle 19 dieren in de vrijlooptal waren uitgerust met Icetags sensors. Enkele algemene gemiddelden staan in tabel 9.

Tabel 9: Gemiddelden voor icetaggegevens per meetsessie op de Waiboerhoeve

Meetsessie	% Staand	# Stappen per uur	Boutlengte (min)	
			Liggen	Staan
1 (stal)	48,9	61,6	64,0	65,5
2 (stal)	55,2	64,1	64,3	86,0

Het percentage staan is vergelijkbaar met dat voor de eerste en laatste periode op Aver Heino, maar de activiteit is wezenlijk lager. Dit ondanks dat de afstand van de verblijfsruimte naar de melkstal groter is dan de afstand van de verblijfsruimte naar de melkrobots op Aver Heino. Voor de Waiboerhoeve zijn er duidelijke pieken in aantal stappen rond het melken (zie figuur 21), dat is voor Aver Heino veel minder duidelijk. Het aantal stappen per uur tussen de melktijden is zeer laag. Deze koeien hadden geen koppelgenoten die toegang tot de weide kregen en zijn ook niet gewend aan weidegang.

Ook voor deze dieren is de gemiddelde lengte van de sta- en de ligbouts berekend, deze verschillen niet opvallend van die op Aver Heino voor de stalperiode. De toegenomen lengte van de stabouts tijdens de 2^e meetsessie correspondeert met het toegenomen deel van de tijd dat de dieren stonden. Het verloop van het aandeel staan en aantal stappen in de tijd is weergegeven in figuur 19.



Figuur 19 Verdeling van aandeel ‘staan’ en aantal stappen per uur op de Waiboerhoeve per dag

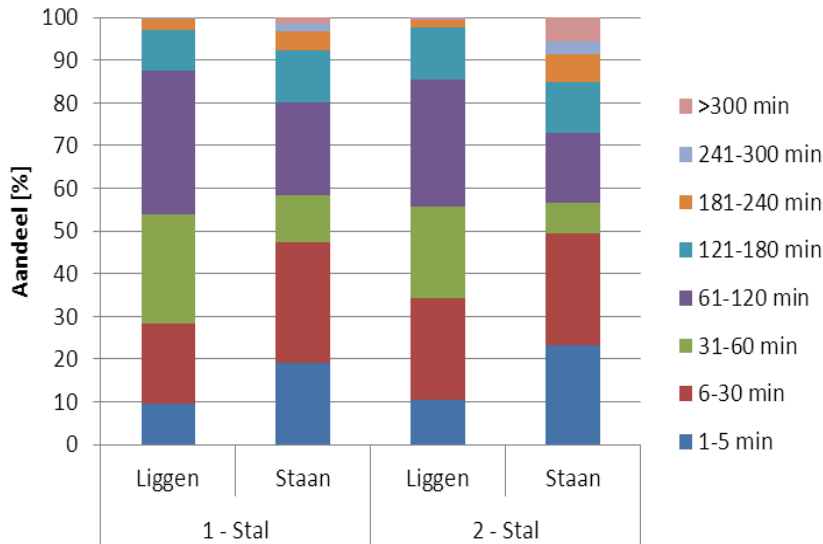
Uit figuur 19 blijkt dat er op dagniveau geen grote schommelingen zijn geweest gedurende de meetsessies. Afgezien van verwisseling van enkele dieren die werden drooggezet zijn er in deze periode geen ingrijpende aanpassingen geweest.

De verdeling van de boutlengtes over verschillende lengte-klassen (zie tabel 10) is redelijk vergelijkbaar met die voor Aver Heino, maar het is opvallend dat in de tweede meetsessie aanzienlijk vaker lange stabouts zijn voorgekomen.

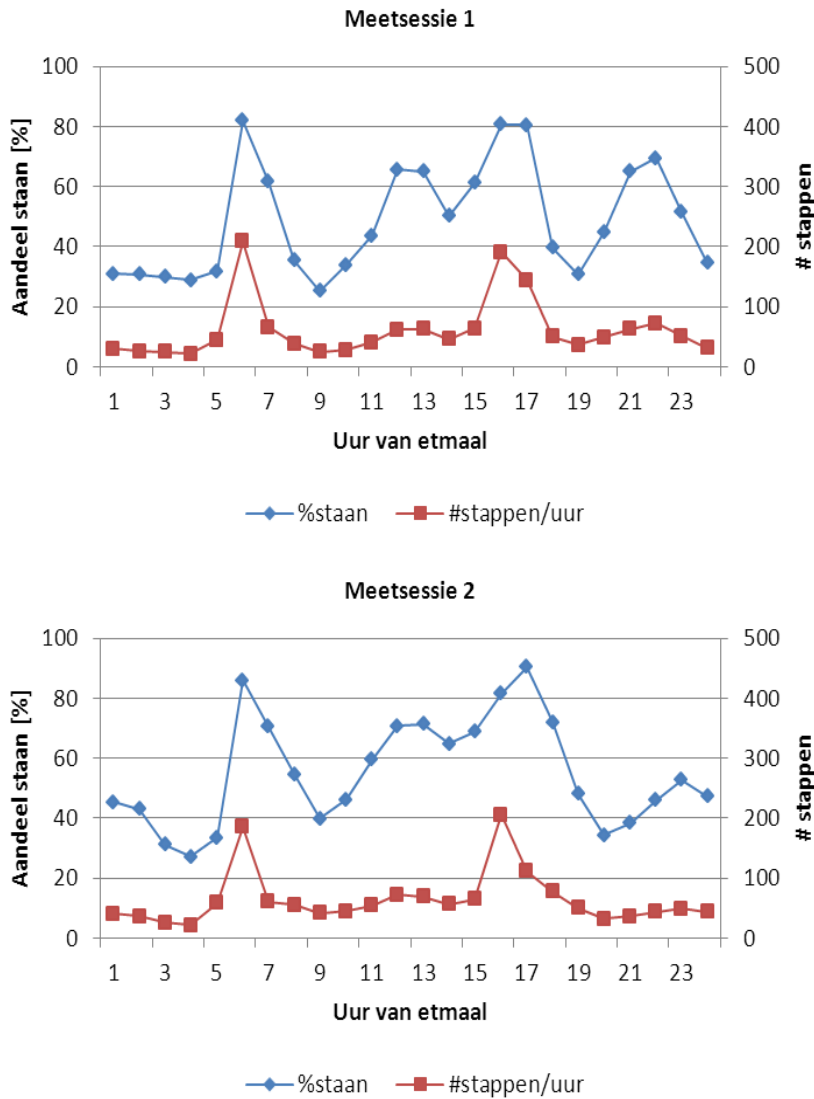
Tabel 10: Percentage bouts per lengte-klasse per meetsessie op de Waiboerhoeve

	Meetsessies			
	1 -Stal		2 -Stal	
	Liggen	Staan	Liggen	Staan
1 - 5 min:	9,6	19,2	10,6	23,2
6 - 30 min:	18,7	28,2	23,8	26,1
31 - 60 min:	25,6	10,9	21,3	7,3
61 - 120 min:	33,6	21,8	29,7	16,3
121 - 180 min:	9,5	12,1	12,2	12,1
181 - 240 min:	2,8	4,5	1,8	6,4
241 - 300 min:	0,3	1,9	0,4	3,0
>300 min:	0,0	1,5	0,4	5,7

Het verloop van het aandeel staan en aantal stappen per uur binnen het etmaal is weergegeven in figuur 21. Het verschil tussen de beide meetsessies in de patronen is gering, en wijkt duidelijk af van de patronen op Aver Heino.



Figuur 20 Percentage bouts per lengte-klasse per meetsessie op de Waiboerhoeve



Figuur 21 Verloop van aandeel staan en aantal stappen per uur binnen een dag per meetsessie op de Waiboerhoeve

3.5.3 Zegveld

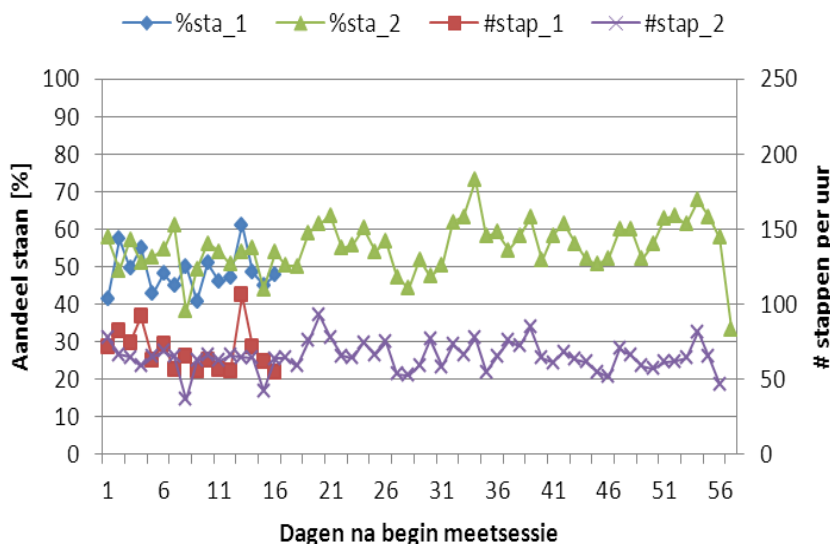
Voor Zegveld zijn op soortgelijke manier de gegevens op een rij gezet. Er zijn twee meetsessies uitgevoerd (van 24 september 2009 tot en met 9 oktober 2009 en van 13 november 2009 tot 8 januari 2010), waarbij een deel van de dieren in de vrijloopstal met een Ictag sensor was uitgerust. De gemiddelden staan in tabel 11.

Tabel 11 Overall gemiddelden voor ictaggegevens per meetsessie op Zegveld

Meetsessie	% Staan	# Stappen per uur	Boutlengte (min)	
			Liggen	Staan
1 (stal)	48,9	69,1	60,3	62,5
2 (stal)	55,6	66,4	68,9	96,1

Deze waarden zijn goed vergelijkbaar met die voor de Waiboerhoeve; de dieren stonden ook hier tijdens de tweede meetsessie meer dan tijdens de eerste meetsessie en hadden een vergelijkbaar aantal stappen per uur.

Ook voor deze dieren is de gemiddelde lengte van de sta- en ligbouts berekend. Deze zijn in dezelfde orde van grootte als op de Waiboerhoeve en Aver Heino, maar bij de tweede meetsessie waren de stabouts wel aanzienlijk langer dan tijdens de eerste meetsessie. Het verloop van 'aandeel staan' en 'aantal stappen' in de tijd is weergegeven in figuur 22.

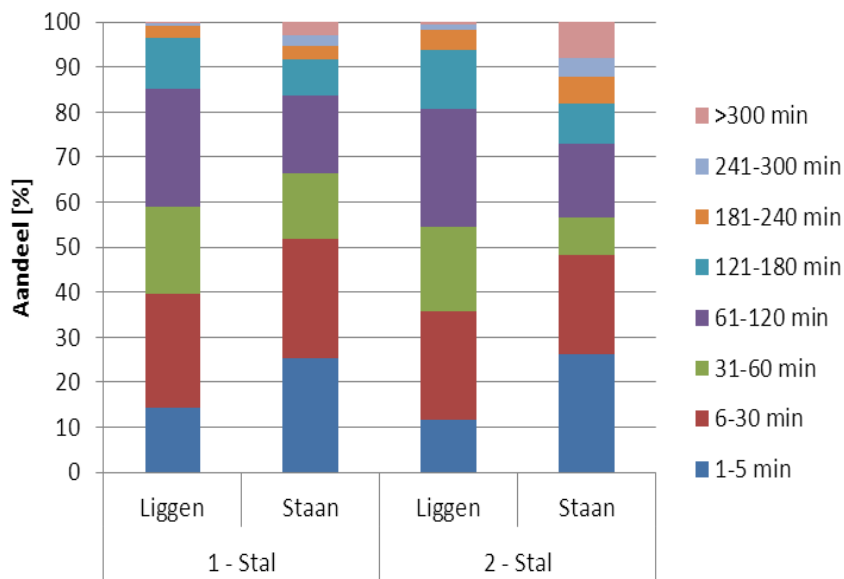


Figuur 22 Verdeling van aandeel 'staan' en aantal stappen per uur op Zegveld per dag

Net als voor de Waiboerhoeve is de variatie tussen dagen beperkt, maar door het kleinere aantal dieren wat is bemeaten (tien in de eerste meetsessie en zes in de tweede meetsessie tegen 17 op de Waiboerhoeve) is het patroon iets grilliger. De verdeling van de boutlengtes over verschillende lengteklassen (zie tabel 12) is redelijk vergelijkbaar met die voor beide andere bedrijven. Het is opvallend dat in de tweede meetsessie aanzienlijk vaker lange stabouts zijn voorkwamen.

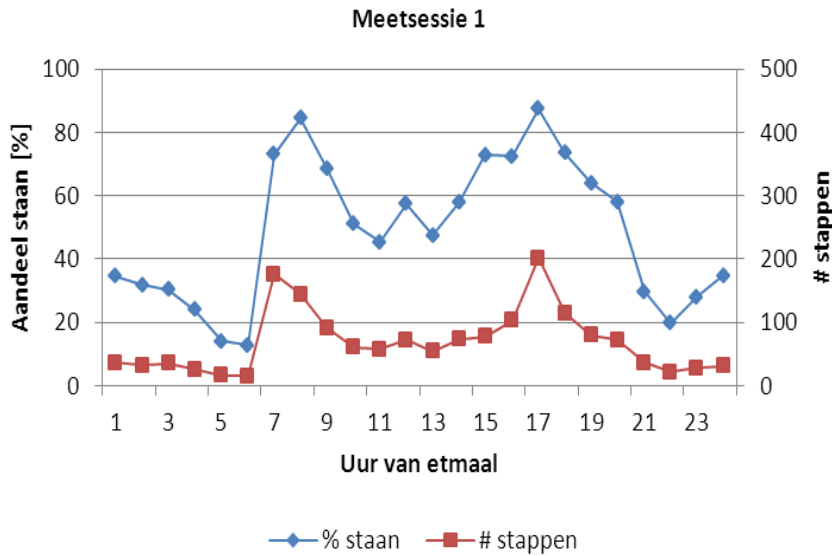
Tabel 12 Percentage bouts per lengte-klasse per meetsessie op Zegveld

	Meetsessies			
	1- Stal		2- Stal	
	Liggen	Staan	Liggen	Staan
1 - 5 min:	14,2	25,4	11,7	26,3
6 - 30 min:	25,4	26,5	24,1	22,0
31 - 60 min:	19,5	14,4	18,8	8,4
61 - 120 min:	26,1	17,4	26,1	16,4
121 - 180 min:	11,3	8,0	13,1	8,9
181 - 240 min:	2,5	2,9	4,6	5,9
241 - 300 min:	0,8	2,4	1,1	4,0
>300min:	0,2	3,0	0,5	8,1

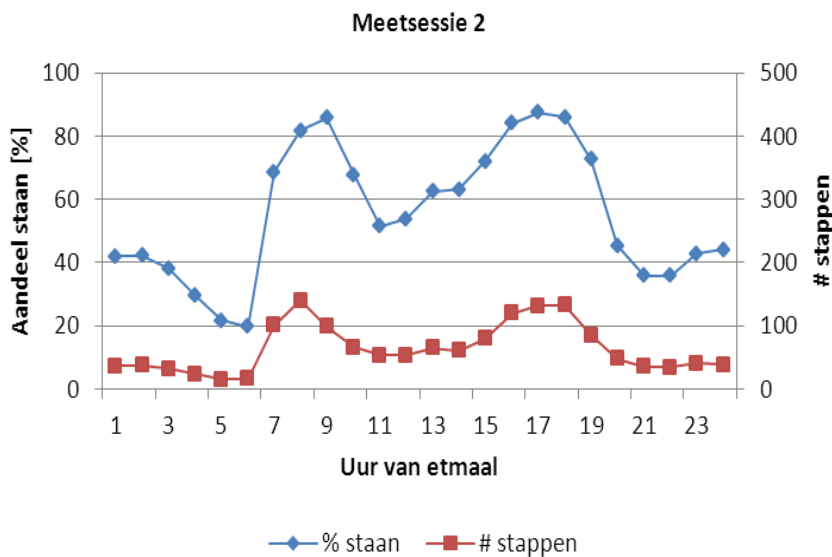


Figuur 23 Percentage bouts per lengte-klasse per meetsessie op Zegveld

Het verloop van het 'aandeel staan' en 'aantal stappen per uur' binnen het etmaal is weergegeven in figuur 25 en.



Figuur 24 Verloop van aandeel staan en aantal stappen per uur binnen een dag voor meetsessie 1 op Zegveld



Figuur 25 Verloop van aandeel staan en aantal stappen per uur binnen een dag voor meetsessie 2 op Zegveld

Het verschil tussen de beide meetsessies in de patronen is gering, maar tijdens de tweede meetsessie is de verhoging van de activiteit rond het melken minder duidelijk te herkennen. Deze patronen komen vrij goed overeen met die op de Waiboerhoeve en wijken duidelijk af van die op Aver Heino.

Het blijkt dat het sta- en liggedrag in de tijd kan variëren. Zo bleek zowel op de Waiboerhoeve als op Zegveld de statijd tussen de twee meetsessies te verschillen. Gedurende de onderzoeksperiode was de bodem nog niet stabiel; dit kan hierop van invloed zijn geweest. Verder blijkt dat de dieren in de vrijloopstallen gemiddeld ongeveer 45 tot 50% van de tijd lagen, wat vergelijkbaar is met eerdere waarnemingen in de ligboxenstal op de Waiboerhoeve. Wel is dit percentage aanzienlijk hoger dan dat voor de hoogdrachtige dieren in de ligboxenstal op Zegveld die zijn bemeaten voor de proef naar effecten van zwangerschapsgymnastiek. De groep dieren op Aver Heino, die ook in de weideperiode zijn bemeaten, stond op stal minder dan in de weide en had in de weide een aanzienlijk hogere activiteit. In het algemeen wordt veel statijd als ongunstig beoordeeld en als indicatie voor matig

ligcomfort gezien, maar dit geldt mogelijk alleen bij het vergelijken van stallen onderling. In de weide worden de dieren niet gehinderd om te gaan liggen en biedt de ondergrond voldoende grip en vormt een goed ligbed. Zowel in de vrijloopstallen als in de weide kwamen zeer korte stabouts voor, die mogelijk samenhangen met verwisseling van ligzijde. Het dient echter nog te worden gevalideerd in hoeverre korte stabouts inderdaad indicaties zijn voor verwisseling van ligzijde. Een recent onderzoek op Nij Bosma Zathe met koeien in een ligboxenstal, waarbij ook lce-tagssensoren zijn gebruikt, diende als referentie voor de waargenomen verdeling van boutlengtes. De daar gevonden percentages per lengteklasse zijn weergegeven in tabel 13.

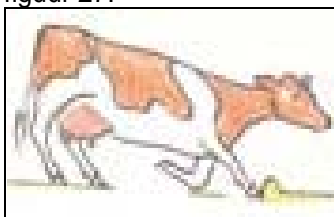
Tabel 13 Percentage bouts per lengte-klasse in proef op Nij Bosma Zathe in ligboxenstal

	Boutlengte [min]							
	1-5	6-30	31-60	61-120	121-180	181-240	241-300	>300
Liggen	5,9	28,0	28,9	28,6	7,4	1,0	0,2	0,1
Staan	19,9	20,7	16,4	25,8	10,4	4,0	1,6	1,3

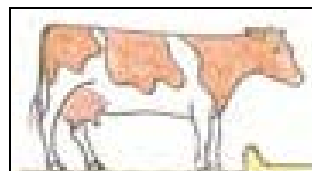
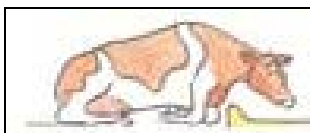
Deze waarden zijn goed vergelijkbaar met de waarden die zijn gevonden in de vrijloopstallen. Dit geeft aan dat de dieren in de vrijloopstallen waarschijnlijk even vaak opstaan om te gaan verliggen op de andere zijde als in ligboxenstallen. Ook de totale tijd van koeien voor liggen blijkt in vrijloopstallen niet wezenlijk anders dan die in ligboxenstallen. Een belangrijke kanttekening is dat de hier vermelde resultaten betrekking hebben op niet-kreupele dieren zonder andere klinische ziekteverschijnselen.

3.6 Beoordeling tijdsduur nodig voor gaan liggen en opstaan

Een achterliggende gedachte bij het beoordelen van het ligcomfort aan de hand van de tijd dat de dieren liggen (of staan) is dat ze in ligboxenstallen vaak niet ongehinderd kunnen gaan liggen en opstaan, waardoor ze hun gedrag aanpassen. Eventueel frequenter voorkomen van zeer korte stabouts in vrijloopstallen kan een aanwijzing zijn dat dieren in deze stallen vaker opstaan om op de andere zijde te gaan liggen. In vergelijking met de weide blijken in de vrijloopstal op Aver Heino in vergelijkbare mate korte stabouts voor te komen. Er zijn echter geen goede referentiewaarden voor de mate waarin dit verschijnsel voorkomt in ligboxenstallen. Bovendien is de rekenregel om uit de gegevens van de lce-tag sensoren lig- en stabouts af te leiden niet voldoende gevalideerd voor het detecteren van snelle wisselingen van ligzijde. Ook kunnen andere factoren dan de moeite die het kost om te gaan staan en liggen het sta- en liggedrag beïnvloeden, zoals het comfort van het ligbed. Om meer inzicht te krijgen in het gemak waarmee de dieren gaan liggen en opstaan zijn aanvullende visuele observaties uitgevoerd. Dat gebeurde op de Waiboerhoeve in de vrijloopstal en in de ligboxenstal op zowel in een staldeel met ingestrooide ligboxen als in een staldeel met matrassen in de ligboxen. Op Zegveld zijn de observaties uitgevoerd in de vrijloopstal, de ligboxenstal en in de weide. De waarnemingen zijn direct visueel uitgevoerd (Waiboerhoeve) of door middel van uitlezen van filmbeelden (Zegveld). In beide gevallen is de tijd gescoord die dieren gebruiken om op te staan of te gaan liggen. De definitie van 'gaan liggen' is weergegeven in figuur 26, die voor 'gaan staan' in figuur 27.



Figuur 26 Gaan liggen is de tijd die verstrijkt tussen het moment dat de koe staat met drie poten op de grond en één gebogen voorpoot tot het moment dat de koe ligt met de vier poten en de gehele buikoppervlakte op de grond.



Figuur 27 Gaan staan is de tijd die verstrijkt tussen het moment dat de koe leunt op haar voorknieën met uitgestrekte kop tot het moment dat de koe staat met vier poten op de grond, de voorpoten naast elkaar.

De resultaten zijn samengevat in tabel 14.

Tabel 14 Samenvatting beoordeling gaan liggen en opstaan (tijden in seconden)

	Gaan liggen		Gaan staan	
	Duur	SD	Duur	SD
Weide (Zegveld)	4,45	n.b.	3,57	n.b.
Vrijloopstal (Zegveld)	4,60	n.b.	3,88	n.b.
Ligboxen (Zegveld)	4,85	n.b.	6,03	n.b.
Diepstrooisel boxen (Waiboerhoeve)	6,94	0,63	9,01	1,07
Matras-ligboxen (Waiboerhoeve)	9,91	1,46	5,50	0,62
Vrijloopstal (Waiboerhoeve)	5,49	0,17	4,92	0,43

De niveaoverschillen tussen Zegveld en de Waiboerhoeve zijn waarschijnlijk mede te wijten aan een verschil in beoordeling, maar binnen de bedrijven kunnen de cijfers wel worden vergeleken.

Voor Zegveld is geconcludeerd dat er geen verschil was tussen stal en weide in de tijd die de koeien er over deden om te gaan liggen, en verschilde de vrijloopstal niet wezenlijk van de ligboxenstal. Wel bleken de dieren in de ligboxenstal significant langer te doen over het opstaan, terwijl de vrijloopstal en de weide niet verschilden.

Voor de Waiboerhoeve is geconcludeerd dat de koeien in de vrijloopstal gemiddeld het korst deden over zowel het gaan liggen als het opstaan. Smolders (persoonlijke mededeling) concludeerde op grond van soortgelijke waarnemingen dat koeien er in ligboxenstallen langer over doen om te gaan liggen dan in een potstal, respectievelijk 6,4 en 4,4 seconden. In het algemeen kunnen we daarom concluderen dat vrijloopstallen in vergelijking met ligboxenstallen de dieren in staat stellen om gemakkelijker te gaan liggen en op te staan. Dit is vanuit het oogpunt van dierenwelzijn positief.

3.7 Beoordeling lighoudingen

Enkele studenten van de CAH Dronten hebben op de Waiboerhoeve en op Aver Heino aanvullend gedragsonderzoek uitgevoerd in de vrijloopstallen. Gedurende een aantal observatiesessies van drie uur zijn de lighoudingen en veranderingen van lighouding bijgehouden door iedere tien minuten alle liggende dieren te beoordelen. Als referentie zijn soortgelijke waarnemingen tevens uitgevoerd op de schoolboerderij in een ligboxenstal. Er zijn vier lighoudingen onderscheiden:

1. kop naar achteren tegen het lichaam
2. kop vooruit en omhoog
3. plat op de zij
4. kop plat op de grond

Ook is genoteerd of een dier op de linker- of rechterzijde lag en hoeveel voorpoten onder het lichaam lagen. Uit de resultaten blijkt dat de koeien in de vrijloopstallen gemiddeld iets vaker van ligpositie veranderden dan die in de ligboxenstal op de schoolboerderij, maar de verschillen waren klein en niet significant. Wel is door de studenten opgemerkt dat snelle wisselingen van ligzijde (binnen 20 seconden) in de vrijloopstallen voorkwamen; dit kwam in de ligboxenstal niet voor.

Op alle drie de bedrijven was de tweede lighouding verreweg de meest voorkomende (~90% van alle waarnemingen). Zowel in de vrijloopstallen als in de ligboxenstal kwam het incidenteel voor dat koeien plat op de zij lagen. Alleen in de vrijloopstallen is (maar ook hier incidenteel) waargenomen dat koeien met de kop plat op de grond lagen. De slaaphouding (1) kwam gemiddeld wel vaker voor in de vrijloopstallen (10,1% vs. 7,3% in de ligboxenstal). Geconcludeerd is dat de lighoudingen in de vrijloopstallen niet sterk verschillen van die in een moderne ligboxenstal.

Aanvankelijk was het ook de bedoeling om tijdens dit onderzoek aandacht te besteden aan sociale interacties tussen koeien, maar die bleken zo weinig voor te komen dat hier uiteindelijk van is afgezien. De studenten merkten wel op dat tochtige koeien veel onrust kunnen veroorzaken in de vrijloopstal, meer dan in een ligboxenstal doordat de beperking van boxen en loopgangen ontbreekt.

3.8 Vergelijking stramme en niet-stramme koeien in ligboxenstal en vrijloopstal

Tenslotte is op Zegveld nog een aantal waarnemingen uitgevoerd bij enkele dieren die als stram, en enkele dieren die als niet stram zijn aangemerkt. Deze dieren zijn eerst een aantal dagen gevolgd in de ligboxenstal en daarna (na 3 dagen gewenning) in de vrijloopstal. Vermoed wordt dat vooral voor koeien die moeite hebben met gaan liggen en opstaan een vrijloopstal voordelen biedt ten opzichte van een ligboxenstal. Tegen de verwachting in bleken volgens de Icetag-gegevens de stramme koeien in beide stallen gemiddeld meer ligbouts te hebben dan de niet-stramme dieren en alle dieren hadden in de vrijloopstal minder ligbouts dan in de ligboxenstal. Het is mogelijk dat snelle wisselingen van ligzijde met de gehanteerde rekenregel niet zijn onderkend. Deze kunnen vaker voorkomen in de vrijloopstal, en zijn eerder bij niet-stramme dan bij stramme dieren te verwachten. Opgemerkt is dat ten tijde van dit onderzoek het ligbed in de vrijloopstal niet in optimale conditie was.

De stramme dieren hadden in de ligboxenstal meer tijd nodig dan de niet stramme dieren om te gaan staan en te gaan liggen; respectievelijk 7,9 en 4,8 sec. voor de stramme dieren en 4,8 en 4,1 sec. voor de niet stramme dieren. In de vrijloopstal was de benodigde tijd om te staan voor de stramme dieren verkleind tot 5,8 sec en voor de niet stramme dieren onveranderd. Merkwaardigerwijs gebruikten de niet stramme dieren in de vrijloopstal gemiddeld meer tijd om te gaan liggen dan de stramme dieren; respectievelijk 4,8 en 4,3 sec. Het ging echter in beide gevallen slechts om twee dieren die gedurende drie dagen vijf uur lang zijn geobserveerd. De hierbij gevonden ligtijden komen overeen met die van de eerdere waarnemingen op Zegveld (tabel 14). Het lijkt erop dat stramme dieren vooral in duur van gaan staan verschillen van de niet stramme dieren, en hierbij voordeel ondervinden van de vrijloopstal. Voor deze koeien zijn verder op dezelfde wijze als in het onderzoek van de CAH-studenten de lighoudingen beoordeeld. Ook hier bleek het verschil tussen de vrijloopstal en de ligboxenstal gering, en was de normale lighouding (2) de meest voorkomende. Geconcludeerd is dat het onderzoek aanwijzingen oplevert dat vooral stramme koeien baat hebben bij huisvesting in een vrijloopstal ten opzichte van een ligboxenstal.

4 Gasvormige emissies en chemische karakteristieken

Michel Smits, Henk Gunnink en Klaas Blanken

Naast de effecten op dierwelzijn en –gezondheid hebben de verschillende bodems van de vrijloopstallen naar verwachting ook verschillende milieueffecten. Om hier inzicht in te krijgen zijn van de drie bodems de gasvormige emissies van ammoniak (NH₃), kooldioxide (CO₂), en methaan (CH₄) gemeten en zijn de chemische karakteristieken bepaald.

4.1 Materiaal en methoden emissiemetingen en ligbodempkarakteristieken

4.1.1 Meetschema emissiemetingen vrijloopstalbodems

Op vijf dagen verspreid over de proefperiode zijn op de drie bodems emissiemetingen uitgevoerd (tabel 15). Per meetdag is de emissie van elke bodem op verschillende plekken bepaald. Op de compostbodem is tussen de tweede en derde meetdag wat extra tijd ingebouwd om te zoeken naar een betere compostering. In die tussentijd is geëxperimenteerd in een kleinschalige opstelling met bakken waarin het effect van verschillende toevoegingen op de composttemperatuur is vergeleken. De opzet en uitkomsten van dit experiment zijn beschreven in BIJLAGE II. De toemaakbodem is pas in augustus 2009 opgestart. Om ook bij vergelijkbare warmere weersomstandigheden te kunnen meten als bij de zandbodem en de compostbodem zijn de vierde en vijfde meting op de toemaakbodem in april en mei 2010 uitgevoerd.

Tabel 15 Meetdagen per vrijloopstalbodem

Meetdag	Zand	Compost	Toemaak
1	3-4-2009	24-4-2009	6-10-2009
2	15-5-2009	29-5-2009	20-11-2009*
3	16-7-2009	27-8-2009	14-12-2009
4	28-8-2009	5-10-2009*	8-4-2010
5	19-10-2009	2-11-2009	11-5-2010

* Tijdens de vierde meting op de compostbodem en de tweede meting op de toemaakbodem waren er technische problemen met de meetapparatuur waardoor de emissies op deze meetdagen ontbreken. De overige waarnemingen op deze meetdagen zijn wel uitgewerkt.

4.1.2 Meetmethode emissies

Om de emissies van de diverse bodems te bepalen werd een meetbox gebruikt. In Mosquera *et al.* (2010) wordt een uitvoerige beschrijving van de meetmethode gegeven. De meetbox had een meetoppervlakte van 5,5 m² en een hoogte van 0,40 m. Met deze box werd gemeten volgens het statische en het dynamische principe.

Bij een statische meting wordt de lucht gerecirculeerd om een accumulatie van gassen (toename van gasconcentraties) te verkrijgen. Op basis van de snelheid waarmee de concentratie zich opbouwt kan de emissie van een gas worden berekend.

Bij een dynamische meting wordt (relatief) schone lucht aangevoerd en over het emitterend oppervlak geleid. De emissie wordt berekend als het product van ventilatie-debiet (V in m³/h) en het verschil in gasconcentratie tussen de in- en uitgaande lucht ($C_u - C_i$, in mg/m³):

$$E \text{ (mg/h)} = V \times (C_u - C_i)$$

Uiteindelijk wordt de emissie uitgedrukt in mg per m² per uur door E te delen door het oppervlak van de gebruikte meetbox.

De gasconcentraties in de in- en uitgaande lucht van de meetbox werden semi-continu (één waarde per circa 2,5 min.) afzonderlijk gemeten met behulp van twee foto-akoestische multigas monitoren (Innova 1312). Naast ammoniak werden de kooldioxide- en methaanconcentraties met deze gasmonitoren bepaald.

Het ventilatieniveau werd met een frequentieregelaar ingesteld. Met een gekalibreerde meetwaaier werd het ventilatiedebiet gemeten. De gebruikte ventilator bij de metingen (Fancom FMS 35 met een Fancom FCTA regelaar) had een diameter van 35 cm en een maximaal debiet van 3000 m³/h. De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden tijdens de metingen continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygrometer). De sensor werd ter hoogte van de bovenzijde van de meetbox geplaatst.

4.1.3 Vergelijking NH₃-emissie vrijloopstal versus ligboxenstal met roostervloer

Met dezelfde meetbox is (op vergelijkbare wijze) ook voor andere onderzoekprojecten gemeten aan roostervloeren met de daaronder gelegen mestkelder (Bijlage IV). Het gemiddelde van deze metingen was 1200 mg NH₃ per m² per uur. Het ventilatiedebiet door de meetbox was bij die metingen echter afwijkend van het gemiddelde ventilatiedebiet bij de metingen op de bodems voor de vrijloopstal. Om de resultaten van de emissiemetingen op de verschillende bodems voor vrijloopstallen te kunnen vergelijken met deze andere boxmetingen is de emissie van de roostervloer gecorrigeerd naar een emissie in mg NH₃ per m² per uur bij een debiet van 700 m³/h, zoals gemiddeld gerealiseerd op de vrijloopbodems. Deze correctie is uitgevoerd op basis van de door Mosquera *et al.* (2010) gevonden relatie tussen debiet en ammoniakemissie van een roostervloer inclusief de mestkelder daaronder. Ook de temperatuur tussen de verschillende metingen was verschillend. Daarom is voor de afzonderlijke metingen op de bodems voor de vrijloopstal (per meetdag, per plek) de corresponderende emissie van de roostervloer berekend bij de temperatuur waarbij in de vrijloopstal gemeten is. Deze correctie bedroeg circa 2,7% per graad Celsius temperatuurverschil. Om niet alleen de gemiddelde emissie per m² van de drie bodems maar ook de gemiddelde emissie per koe te kunnen vergelijken met die van een ligboxenstal met roostervloer en kelder is een derde omrekening toegepast. Daarvoor is aangenomen dat een ligboxenstal per koe 4 m² bevuild (emitterend) oppervlak heeft dat helemaal bestaat uit roostervloer met kelder. Voor een vrijloopstal is aangenomen dat dit bevuild oppervlak 14 m² per dier is, waarvan 2 m² bestaat uit een roostervloer met kelder en de resterende 12 m² uit de verschillende bodems (zand, compost en toemaak (zie tabel 16)).

Tabel 16 Per staltype de met urine en feces bevuilde oppervlakte per dierplaats

Bevuilde oppervlak	Ligboxenstal	Vrijloopstal
Roostervloer+mestkelder	4 m ²	2 m ²
Bodem vrijloopstal	0 m ²	12 m ²

4.1.4 Bemonstering bodempakket en chemische analyses

Tijdens de emissiemetingen zijn bodemonsters genomen. De volgende gehalten zijn in de bodemonsters bepaald: droge stof (DS), as, N-totaal, N-ammonium, N-nitraat, fosfor (P), en kalium (K). Tevens is de dichtheid van het monster bepaald. De hoeveelheid organische stof (OS) werd berekend als DS – as. Het koolstofgehalte (C) is berekend als 0,56 x OS. De C:N-verhouding is daarna berekend als het C-gehalte gedeeld door het gehalte aan N-totaal.

4.1.5 Bemonstering urine en feces

Op elke meetdag is van circa negen koeien in de vrijloopstal, bij vrijwillige defecatie een fecesmonster met een volume van ongeveer 0,2-1,0 liter genomen. Ook zijn van circa negen koeien urinemonsters verzameld bij vrijwillige urinelozingen.

De urine- en fecesmonsters zijn genomen om eventuele uitschieters in de excretie te kunnen signaleren. Dit kan invloed hebben op de gemeten emissies en de gehalten in de bodemonsters. Per meetdag is een verzamelmonster urine samengesteld uit exact gelijke hoeveelheden van de afzonderlijke monsters en ingevroren. De fecesmonsters zijn gekoeld opgeslagen en voor analyse is in het laboratorium ook hier een verzamelmonster per meetdag van gemaakt. In de urinemonsters is bepaald droge stof (DS), as, en N-totaal bepaald. In de verzamelmonsters feces is droge stof (DS), as, N-totaal, fosfor (P) en kalium (K) bepaald.

4.2 Resultaten meetsessies

4.2.1 Emissies van ammoniak (NH_3), methaan (CH_4) en kooldioxide (CO_2)

De gemiddelde emissies van ammoniak, methaan en kooldioxide zijn per meetdag weergegeven in tabel 17 t/m tabel 19. Binnen een meetdag werd steeds op drie of vier plekken van 5,5 m² gemeten. In BIJLAGE III is de ammoniakemissie per afzonderlijke plek grafisch weergegeven. Per meetdag zijn er tussen plekken aanzienlijke variaties en ook tussen meetdagen zijn grote variaties. Deze variaties kunnen diverse oorzaken hebben zoals veranderingen in bodemmanagement, aanvulling of verversing van bodemmateriaal, ophoping van feces, tijd die verstreken is na de laatste urinelozing op de plaats waar gemeten is en samenstelling van de urine.

Tabel 17 Gemiddelde ammoniakemissie in mg NH_3 per m² per uur

Meetdag	Zand	Compost	Toemaak
1	312	245	233
2	402	287	-
3	478	243	114
4	377	-	292
5	505	131	91
Gem	415	227	182

Tabel 18 Gemiddelde methaanemissie in g CH_4 per m² per uur

Meetdag	Zand	Compost	Toemaak
1	0,0	0,4	0,2
2	0,0	0,8	-
3	0,1	3,7	0,8
4	0,0	-	0,7
5	0,1	0,5	0,8
Gem	0,0	1,4	0,6

Tabel 19 Gemiddelde kooldioxide emissie in g CO_2 per m² per uur

Meetdag	Zand	Compost	Toemaak
1	7	110	15
2	7	57	-
3	12	181	21
4	48	-	23
5	38	54	14
Gem	22	101	18

Tabel 20 Gemiddelde Staltemperatuur (°C) tijdens de metingen

Meetdag	Zand	Compost	Toemaak
1	-	19,3	16,2
2	16,4	18,9	-
3	24,2	21,4	1,5
4	19,5	-	16,9
5	10,0	11,8	20,1
Gem	17,5	17,9	13,7

4.2.2 Vergelijking ammoniakemissie ligboxenstal en vrijloopstal

Op basis van de boxmetingen aan roostervloeren en bodems voor vrijloopstallen kan de ammoniakemissies per dier berekend worden. Uitgangspunt was een ligboxenstal met 4 m² roostervloer versus een vrijloopstal met 2 m² roostervloer en 12 m² zand-, compost, of toemaakbodem. Niet alle bodems op de proefbedrijven boden echter precies 12 m² per koe.

Wanneer het werkelijk beschikbare oppervlak per dier genomen wordt, komen de getallen iets anders te liggen, maar blijft de rangorde wel gelijk. Het beeld wordt anders wanneer niet de metingen die met de box op de roostervloer zijn uitgevoerd als uitgangspunt worden genomen, maar de emissiefactor die opgenomen is in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav). De emissie voor een ligboxenstal met een roostervloer met kelders onder de roosters is 11 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Bij een bevuild oppervlak van 4 m² per dier komt dat overeen met 314 mg NH₃ per m² per uur. Met de meetbox werd op roostervloeren met onderkeldering een twee- tot driemaal hogere ammoniakemissie per m² per uur gemeten. Wanneer de waarde berekend op basis van de Rav-emissiefactor als uitgangspunt voor de emissie van de roosters wordt genomen komen de emissies per dier voor de vrijloopstallen veel minder gunstig uit ten opzichte van de ligboxenstal. De ammoniakemissie per dier uit de vrijloopstallen ligt dan twee tot drie keer hoger vergeleken met de ammoniakemissie per dier berekend op basis van de boxmetingen.

Tabel 21 Vergelijking ammoniakemissie per dier tussen ligboxenstal en vrijloopstal bij verschillende uitgangspunten (uit boxmetingen afgeleide ammoniakemissie per dier van ligboxenstal=100%)

	Relatieve stalemissie o.b.v. boxmetingen	
	bij 12 m ² vrijloopbodem per dier	bij werkelijke m ² vrijloopbodem per dier
Zand	173	192
Compost	105	107
Toemaak	102	111

Er zijn echter grote variaties tussen meetdagen en tussen plekken binnen meetdagen zoals blijkt uit tabel 22t/m tabel 24.

Tabel 22 Berekende verhouding tussen ammoniakemissie van de vrijloopstal met toemaakbodem versus ligboxenstal, op basis van afzonderlijke meetresultaten per plek (Ligboxenstal=100%)

Meetdag	m ² ligbodem/koe	Plek		
		1	2	3
1	14,1	107	152	127
3	14,1	91	109	116
4	14,1	131		156
5	14,1	67	78	88

De emissie op plek 3 (nabij de voergang) van de toemaakbodem is steeds hoger dan die op plek 1 achterin de stal.

Tabel 23 Berekende verhouding tussen ammoniakemissie van de vrijloopstal met compostbodem ten opzichte van een ligboxenstal, per bemeeten plek (Ligboxenstal=100%).

Meetsessie	m ² ligbodem/koe	Plek			
		1	2	3	4
1	12,3	126	103	121	112
2	12,3	141	100	132	93
3	13,0	107	94	129	81
5	12,3	70	73	134	97

De emissies op plek 1 en 3 (midden in het liggedeelte) zijn vrijwel steeds hoger dan die op plek 2 en 4 (nabij de voergang).

Tabel 24 Berekende verhouding tussen ammoniakemissie van de vrijloopstal met zandbodem versus ligboxenstal, per bemeeten plek (Ligboxenstal=100%)

Meetdag	m ² ligbodem/koe	Plek		
		1	2	3
1	21,3	227	201	150
2	11,3	126	173	171
3	14,2	210	184	151
4	15,5	105	155	259
5	14,2	333	165	262

Tijdens de laatste meetdag op de toemaakbodem week de toplaag van de bodem af van de eerdere metingen, doordat het bodemmanagement gewijzigd was. Verder viel op dat tijdens de laatste meetdag weinig of geen dieren op de toemaakbodem urineerden. Aanvankelijk werd dagelijks of om de dag het gehele pakket omgezet. Daardoor ontstond een ruige toplaag, terwijl de verse feces en urine niet afgedekt werden door een vers laagje riet (foto's links). Voor de laatste twee meetsessies (in april en mei) werd niet meer dagelijks het pakket omgezet, maar wel dagelijks een vers laagje riet (hooiachtig) op de vrijloopbodem gebracht. Tijdens de laatste meetsessie viel op dat de toplaag tijdens de metingen erg schoon was; net vers ingestrooid, zonder mestflatten aan het oppervlak (foto's rechts), terwijl bij de eerdere meetsessies wel verse mestflatten verdeeld over de oppervlakte zichtbaar waren. Tijdens de laatste meetsessie begaven slechts weinig dieren zich in het ligbed. Het lijkt dus aannemelijk dat er tijdens de laatste meetsessie weinig verse urine op het verse laagje riet/hooi aanwezig was.



Foto 4: Toemaakbodem tijdens de meetsessie in december 2009 (links) en in mei 2010 (rechts).



Foto 5: Toemaakbodem in november 2009 (links) en tijdens de meetsessie april 2010 (rechts).

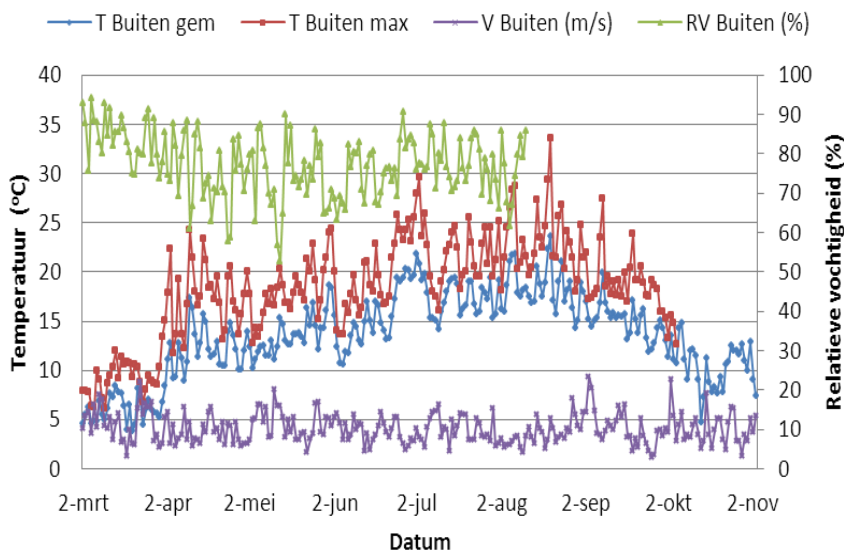
4.2.3 *Temperatuur, zuurstof en vocht in compostbodem*

Tijdens de emissiemetingen met de meetbox werd steeds rondom elke meetplek de temperatuur (tabel 25 en figuur 29), het zuurstofgehalte (figuur 30 en figuur 31) en het vochtgehalte (figuur 32) in de compostbodem gemeten.

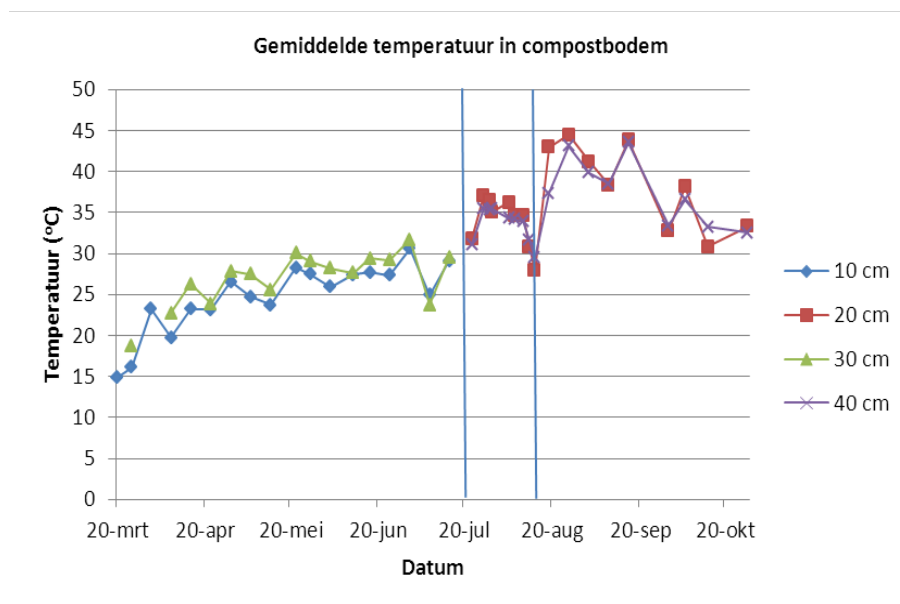
Tabel 25 Per datum, de gemiddelde temperatuur (°C) van het compostpakket gemeten aan het oppervlak (0,0 m); op een diepte van 0,2 m en op een diepte van 0,4 m.

Datum	Temperatuur op diepte		
	0 cm	20 cm	40 cm
24-4-2009	21,4	24,4	22,3 (bodem)
29-5-2009	17,2	26,7	24,3 (30cm)
27-8-2009	31,0	44,4	40,1
5-10-2009	25,6	33,8	32,7
2-11-2009	19,1	26,6	28,8

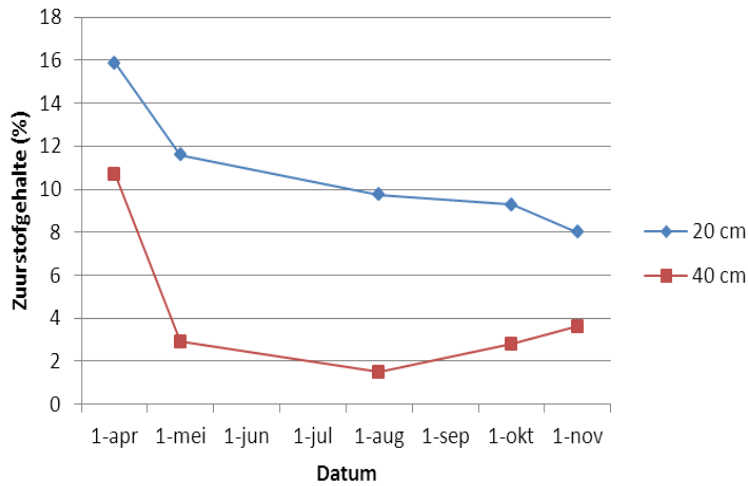
Per datum waarop gemeten werd, waren er aanzienlijke variaties tussen de posities in de stal waar de temperatuur gemeten werd (zie BIJLAGE V)



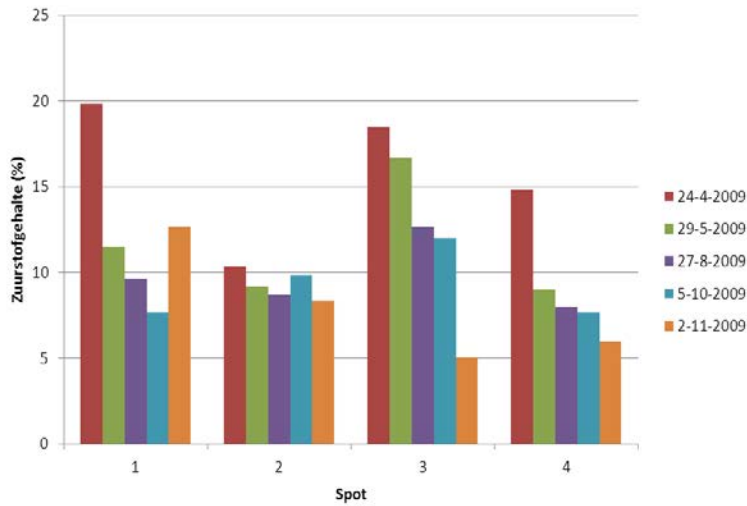
Figuur 28 Verloop van de dagelijks bepaalde staltemperatuur en daggemiddelde buitentemperatuur en windsnelheid op het nabijgelegen KNMI station (vliegveld Lelystad).



Figuur 29 Verloop van de wekelijks bepaalde temperatuur in het compostpakket op 10 en 30 cm in de eerste helft en 20 en 30 cm in de tweede helft van het experiment. Op 23 juli is gestart met het toevoegen van voerresteren en op 17 augustus is een gedeelte van de bodem vervangen.

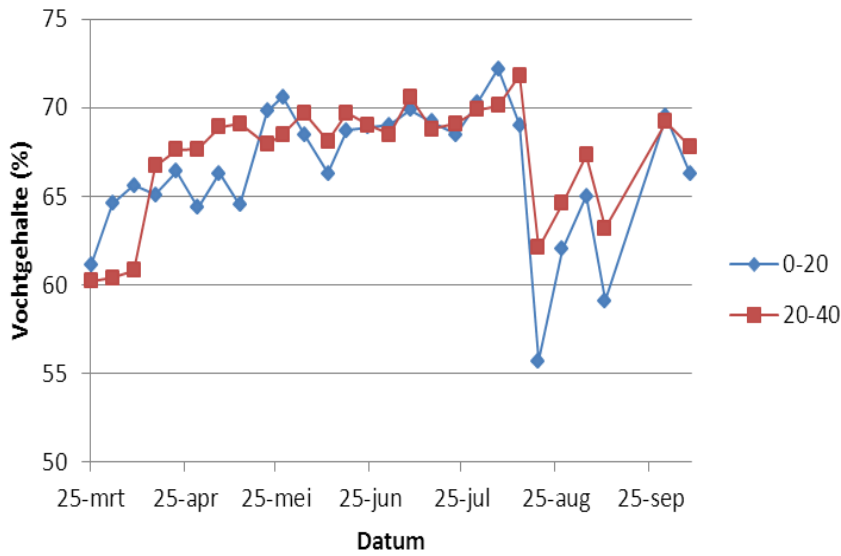


Figuur 30 Gemiddelde O₂ gehalte per meetdatum op een diepte van 20 en 40 cm (gemeten rondom de meetbox).



Figuur 31 Zuurstofgehalte per plek en per datum op een diepte van 20 cm.

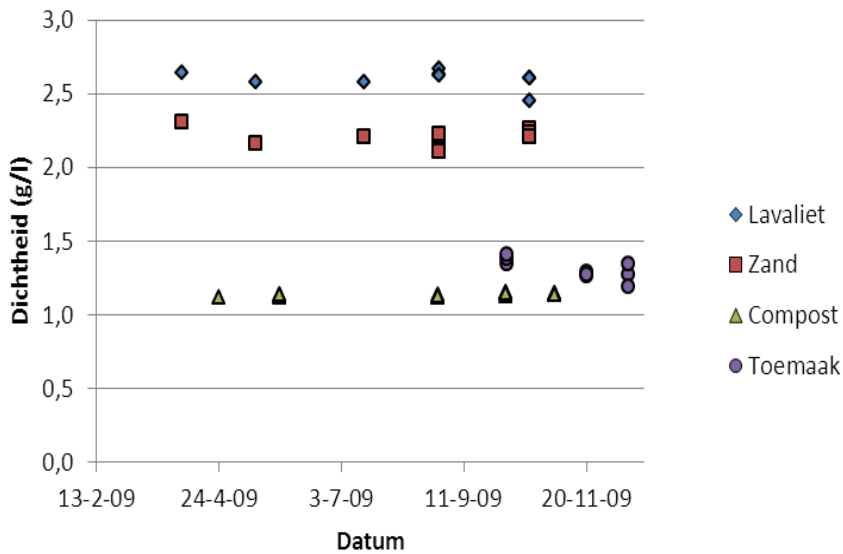
Uit figuur 31 blijkt dat het zuurstofgehalte varieert tussen plekken. Daarnaast lijkt er een afname in de tijd te zijn. Plek 1 en 2 zijn altijd voor het omzetten; plek 3 en 4 altijd na het omzetten van de bodem. Plek 1 en 3 zijn altijd midden in het liggedeelte; plek 2 en 4 zijn altijd bij het voerhek (waar het pakket intensiever belopen wordt en waar meer urine is).



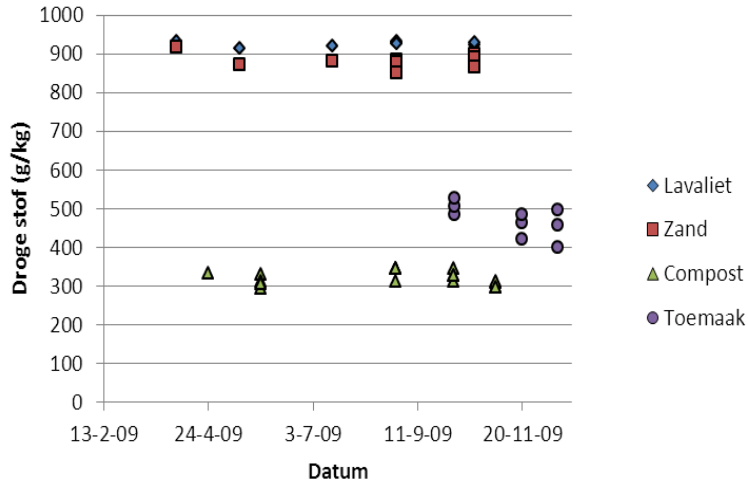
Figuur 32 Verloop van vochtgehalte van bodempakket per meetplek

4.2.4 Dichtheden en gehalten in bodemmonsters

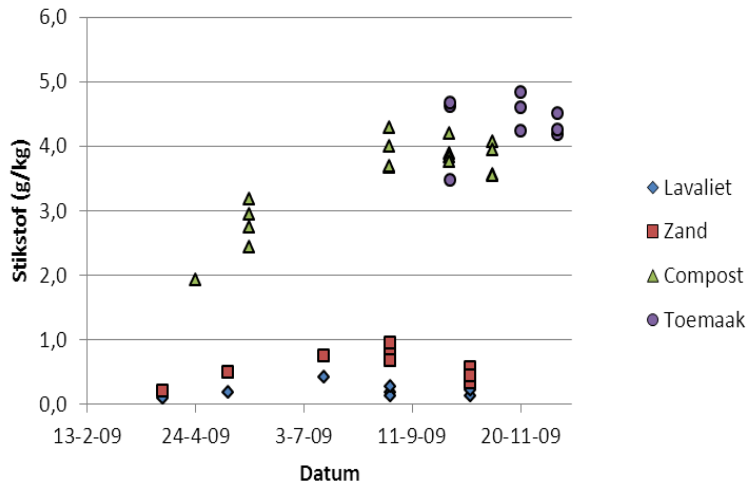
De dichtheden (kg/l) van zand en lavaliet zijn fors hoger dan die van compost en toemaak (figuur 33). De hierna volgende gehalten (figuur 34 tot figuur 37) worden uitgedrukt per kg (gewichtseenheid). Uiteraard zijn de gehalten per liter (volume-eenheid) voor zand en lavaliet aanzienlijk hoger dan uitgedrukt per gewichtseenheid.



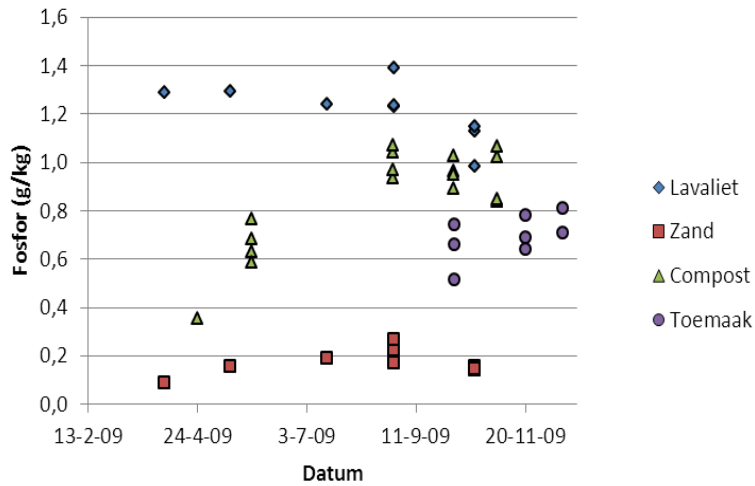
Figuur 33 Verloop van dichtheid van verschillende bodemmaterialen



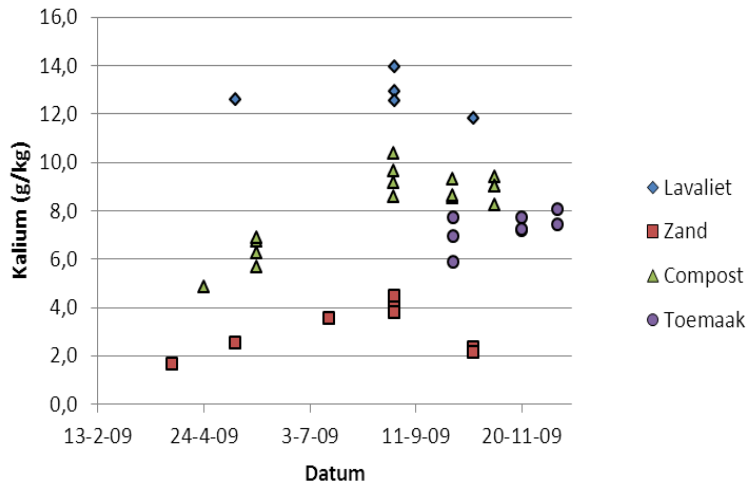
Figuur 34 Verloop van droge stof gehalte in de verschillende bodemmaterialen



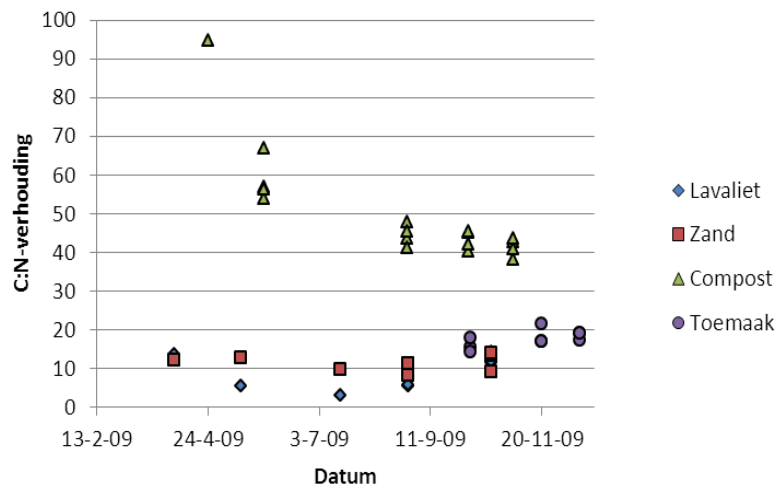
Figuur 35 Verloop van stikstofgehalte inde verschillende bodemmaterialen



Figuur 36 Verloop van fosforgehalte in de verschillende bodemmaterialen



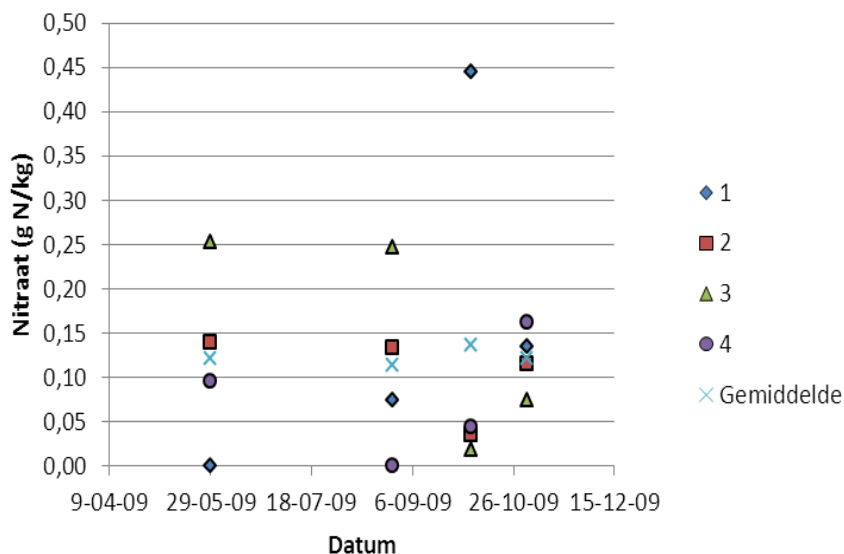
Figuur 37 Verloop van kaliumgehalte in de verschillende bodemmaterialen



Figuur 38 Verloop van C:N-verhouding in de verschillende bodems

De C:N-verhouding in de compostbodem neemt sterk af in de tijd. Enerzijds is gestart met een grote hoeveelheid zaagsel en houtsnippers die veel C en weinig N bevatten; anderzijds wordt met feces en urine wel dagelijks C en N toegevoegd aan het pakket maar vergeleken met het uitgangsmateriaal veel meer stikstof (N) dan koolstof (C). Door afbraak verdwijnt echter ook een deel van de C (vooral in de vorm van CO₂) en de N. De stikstof (N) vervluchtigd vooral in de vorm van ammoniak maar daarnaast in beperkte mate ook in de vorm van stikstofoxiden (N₂O) en tenslotte nog een onbekende hoeveelheid in de vorm van stikstofgas (N₂).

Het nitraatgehalte in de compoststalbodem is in het algemeen laag, maar de variatie tussen plekken is relatief groot (figuur 39). Van alle stikstof in de compostbodem is slechts een klein deel <5% in de vorm van nitraatstikstof aanwezig. Gemiddeld 0% op 24 april 4,4% op 29 mei, 3,0% op 27 augustus, 3,3% op 5 oktober en 3,2% op 2 november 2009.



Figuur 39 Verloop van het nitraatstikstofgehalte in de compostbodem

Het nitrietgehalte in monsters van de compostbodem was steeds verwaarloosbaar laag en niet meetbaar (< 0,005 g/kg). In de toemaakbodem zowel nagenoeg geen nitraat en nitriet aangetroffen (< 0,005 g/kg). In de zandbodem werd soms wel enig nitraat en nitriet aangetroffen (zie BIJLAGE VI). In verhouding tot de N-totaal gehalten gaat het echter om geringe hoeveelheden. De nitraat- en nitrietgehalten duiden erop dat er in zeer beperkte mate nitrificatie en denitrificatie heeft plaatsgevonden.

De vrij hoge ammoniakemissies die gemeten zijn vanaf de zandbodem (bij wat lagere N-gehalten in urine en feces) duiden er daarnaast op dat er veel stikstofverbindingen (vooral ureum) tot ammonium en ammoniak zijn afgebroken en vervluchtigd.

4.2.5 Gehalten in urine- en fecesmonsters

Gehalten in feces en urinemonsters (vers opgevangen onder de staart van de koe), zijn per vrijloopstal en datum weergegeven in Bijlage VII en Bijlage VIII. Gemiddelde gehalten in feces en urine zijn per locatie weergegeven in respectievelijk tabel 26 en tabel 27.

Tabel 26 Gehalten in fecesmonsters in g/kg. (DS, As, N, P, K zijn bepaald. OS en C zijn afgeleid

Gemiddelde per meetsessie	Droge stof	As	OS	C	N-totaal	P	K
Zand	107,6	20,2	87,6	49,1	3,7	0,8	1,5
Compost	110,6	17,9	92,6	51,9	4,3	1,0	0,9
Toemaak	109,6	14,2	95,2	53,3	4,4	1,0	1,3

Tabel 27 Gehalte in urinemonsters in g/kg

Gemiddelde per meetsessie	Droge stof	As	N-totaal
Zand	47,3	30,7	5,7
Compost	42,6	27,1	6,1
Toemaak	44,7	32,8	6,1

Gemiddeld is het N-gehalte in urine en feces van koeien op de zandbodem wat lager dan op de beide andere locaties. Dit hangt samen met rantsoenverschillen en uiteraard niet met het bodemtype.

Het DS-gehalte in de feces is gemiddeld ongeveer 110 g/kg feces. Hieruit volgt dat per kg feces circa 890 g water wordt uitgescheiden.

5 Risicofactoren voor voedselveiligheid door het voorkomen microbiële contaminanten²

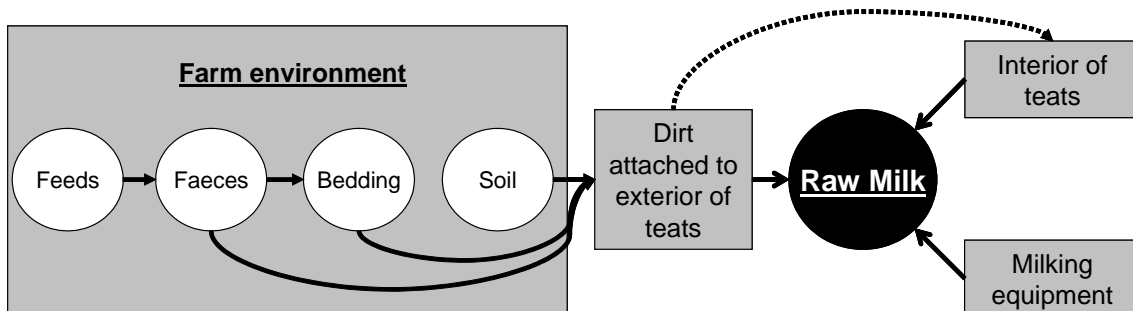
F. Driehuis, E. Lucas-van den Bos en M.H.J. Wells-Bennink (NIZO)

5.1 Inleiding

De kwaliteit en veiligheid van melk en zuivelproducten worden in de Nederlandse zuivelindustrie geborgd door toepassing van kwaliteitsprincipes (risicoanalyses, protocollen, specificaties en kwaliteitscontroles) door de gehele keten. De keten begint bij de koe en haar huisvesting en voeding en eindigt bij de distributiecentra en retailbedrijven. Melkveehouders zijn verantwoordelijk voor levering van een goede kwaliteit melk. Een belangrijk aspect hiervan is de microbiologische kwaliteit. Hygiënische huisvesting en een goede uiergezondheid van het vee, consequente toepassing van hygiënische werkwijzen van melkwinning en melkopslag en adequate reinigingsprocedures zijn essentieel. Maar ook onder ideale hygiënische omstandigheden is het in de praktijk onvermijdelijk dat enige mate van besmetting van melk met micro-organismen optreedt. Dit is een gevolg van het contact van rauwe melk met oppervlakken die niet steriel zijn, in het bijzonder de huid en weefsel van de spenen van de koe en de materialen van de melkinstallatie en melktank.

Op het niveau van het melkveebedrijf kunnen de volgende microbiële besmettingsbronnen van melk worden onderscheiden (schematisch weergegeven in figuur 40):

- 1) De directe omgeving van de dieren (stal, weide, voer), waarbij grond, stalbodem en mest de belangrijkste bronnen zijn; besmetting van melk vindt meestal plaats via bevulde spenen.
- 2) Geïnfecteerde spenen (mastitis).
- 3) Melkwinningsapparatuur en melktank.



Figuur 40 Besmettingsbronnen en –routes van boerderijmelk ('rawmilk')
(Uit: Vissers en Driehuis, 2009)

De stalbodem is dus één van de relevante besmettingsbronnen van melk, waarbij specifieke micro-organismen de melk kunnen besmetten. Een voorbeeld hiervan is de aanwezigheid van mastitis veroorzakende bacteriën in zaagsel (Hogan en Smith, 1997). Anderzijds bevat de stalbodem ook andere verontreinigingen, in het bijzonder mest die de dieren in de stal uitscheiden. Verontreiniging van stalbodems met mest is in de praktijk onvermijdelijk. Verschillende micro-organismen die schadelijk zijn voor de gezondheid van het dier of voor de gezondheid mens (zoönoses) worden door het dier uitgescheiden via de mest, bijvoorbeeld *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* en *Listeria*. Ook mastitis veroorzakende *E. coli* en *Klebsiella* kunnen aanwezig zijn in mest van koeien (Weaver et al., 2005; Munoz et al., 2006). Daarnaast is mest de belangrijkste bron van sporen van sporenvormende bacteriën afkomstig uit voer, zoals sporen van boterzuurbacteriën, die aanleiding kunnen geven tot boterzuurgisting in kaas, en sporen van *Bacillus* en *Paenibacillus* soorten, die bepalend zijn voor de houdbaarheid van verschillende gepasteuriseerde zuivelproducten (Vissers et al., 2006).

Het is onvermijdelijk dat de uier en spenen van een koe op stal in direct contact komen met de stalbodem en mest, bijvoorbeeld als het dier ligt. De microflora aanwezig in de stalbodem zal daarom ook aanwezig zijn op de huid van de uier en spenen. Mede om die reden is het belangrijk dat de spenen vóór het melken goed worden gereinigd (voorbehandeling) om overdracht naar rauwe melk te

² Dit hoofdstuk is ook verschenen als NIZO rapport (Driehuis et al., 2010)

voorkomen. Tijdens voorbehandeling wordt het grootste deel van het vuil dat aan de spenen is gehecht verwijderd. De reiniging is echter niet volledig, wat betekent dat een deel van de microflora aanwezig op de huid van de spenen tijdens het melken wordt overgedragen naar de melk. Ondanks dat deze overdracht naar melk een onwenselijke situatie is, is het uit oogpunt van voedselveiligheid van zuivelproducten geen probleem omdat Nederlandse zuivelbedrijven alle melk vóór verwerking pasteuriseren. Pasteurisatie doodt alle gezondheidsschadelijke micro-organismen die in boerderijmelk aanwezig kunnen zijn. Sporen van sporenvormende bacteriën kunnen pasteurisatie echter overleven en de kwaliteit of houdbaarheid van zuivelproducten negatief beïnvloeden.

Door de potentiële impact die stalbodems kunnen hebben op de kwaliteit van melk hebben nieuwe typen stalbodemmateriaal en de introductie van vrijloopstallen de aandacht van Nederlandse zuivelbedrijven. Deze aandacht is mede gemotiveerd door het gegeven dat het gebruik van stalstrooisels op basis van papierpulp in de jaren '80 van de vorige eeuw de oorzaak is geweest van problemen met extreem hitteresistente sporenvormers (o.a. *Geobacillus stearothermophilus*; voorheen *Bacillus stearothermophilus*) in producten van Nederlandse zuivelbedrijven (R. Habraken, persoonlijke mededeling). Ook sporen van andere zuivelrelevante sporenvormers, waaronder *Bacillus cereus* en *Bacillus thermoamylovorans*, komen voor in materialen die als stalstrooisel worden gebruikt (Pedro et al., 1999; McGuiggan et al., 2002; Magnusson, 2007; Coorevits et al., 2010).

Dit onderzoek had als doel vast te stellen of specifieke microbiologische risico's voor melkkwaliteit verbonden waren aan het gebruik van de verschillende typen stalbodems die in het kader van het project Bodems voor vrijloopstallen bij proefbedrijven van Wageningen UR Livestock Research in 2009 en 2010 werden onderzocht. In het in dit hoofdstuk beschreven onderzoek zijn de concentraties van verschillende groepen sporenvormende bacteriën in verschillende stalbodems van vrijloopstallen bepaald en vergeleken met de concentraties in zaagsel dat werd gebruikt als stalstrooisel in reguliere ligboxstallen bij dezelfde proefbedrijven. Daarnaast werden de concentraties van twee omgevingsgebonden mastitis veroorzakende bacteriën, te weten *Klebsiella* en *Escherichia coli*, in stalbodems van vrijloopstallen en ligboxstallen gevolgd.

5.2 Materialen en methoden

5.2.1 Proefbedrijven en monstername

Een vrijloopstal met compostbodem en een vrijloopstal met zandbodem werden bemonsterd op 21 april, 2 juni, 15 september en 20 oktober 2009. Een vrijloopstal met toemaakbodem (gedroogde bagger met riet) werd bemonsterd op 20 oktober 2009 en 3 mei 2010. Ter vergelijking werden op bovenstaande data, met uitzondering van de monstername op 3 mei 2010 bij proefbedrijf Zegveld, tevens monsters genomen uit een ligboxstal bij de proefbedrijven. Bij alle bedrijven werd zaagsel gebruikt als bodemmateriaal in ligboxstallen.

Op tien verschillende posities in een vrijloopstal werd de bovenlaag (bovenste 10 cm) van de stalbodem bemonsterd. De posities worden zodanig gekozen dat het materiaal representatief was voor de stal. Op elke positie werd met de hand een plukmonster van ongeveer 25 gram bodemmateriaal genomen. Voor de monstername werden wegwerphandschoenen gebruikt. De tien monsters werden gecombineerd tot een verzamelmonster. De procedure werd herhaald, zodat per stal twee verzamelmonsters werden verkregen. Voor ligboxstallen werd een vergelijkbare procedure gebruikt: op tien verschillende posities in de stal werden monsters van ongeveer 25 gram zaagsel genomen, die werden gecombineerd tot een verzamelmonster (twee verzamelmonsters per stal).

5.2.2 Microbiologische analyses

Vijftig gram stalbodemmateriaal werd gemengd met 225 gram pepton fysiologisch zout oplossing en gedurende 5 min. gehomogeniseerd in een Stomacher. In het verkregen extract werden de concentraties (kolonievormende eenheden; kve) van *E. coli*, *Klebsiella* en streptococci bepaald. Streptococci werden bepaald op Edwards modified medium met colistinsulfate en oxolinic acid (EMCO; Oxoid) na 4 dagen incubatie bij 37°C. *E. coli* werd bepaald op TBX medium (TryptoneBile X-glucuronide medium; Oxoid) na 24 uur incubatie bij 44°C. Blauwgroene koloniën op dit medium werden geteld als *E. coli*. DNA-sequentie analyse bevestigde de identiteit van deze koloniën. *Klebsiella* werd bepaald op MacConkeyagar base met inositol en carbenicilline (MCIC; Difco) na 24

uur incubatie bij 37°C. Paars-donkerrode koloniën op dit medium werden geteld als *Klebsiella*. DNA-sequentie analyse bevestigde de identiteit van deze koloniën als *Klebsiella oxytoca* of *K. pneumoniae*. Een deel van het extract werd 5 min bij 80°C gepasteuriseerd. In dit extract werden de concentraties van sporen van mesofiele en psychrotrofe aerobe sporenvormers, sporen van *Bacillus cereus*, sporen van anaerobe sporenvormers en sporen van boterzuurbacteriën bepaald volgens interne NIZO protocollen. Een ander deel van het extract werd gedurende 30 min. bij 100°C verhit, waarna de concentratie van sporen van thermofiele aerobe sporenvormers bepaald volgens een intern NIZO protocol.

5.2.3 Typering en identificatie van geïsoleerde bacteriën

Bacteriekoloniën aanwezig op de verschillende kweekmedia werden reïngeweekt. Isolatie van DNA van deze bacteriën, GTG5 typering van het DNA en identificatie door middel van DNA sequentieanalyse werden uitgevoerd volgens interne NIZO protocollen.

5.2.4 Statistische analyse

De resultaten van de microbiologische bepalingen van stalbodemmonsters werden na log-transformatie geanalyseerd volgens eenzijdige variantieanalyse (ANOVA). Verschillen tussen gemiddelden werden getoetst met de Bonferroni-test.

5.3 Resultaten en discussie

5.3.1 Sporen van sporenvormers

Er werden statistisch significante verschillen in concentraties sporen van sporenvormers waargenomen tussen de vier onderzochte stalbodemtypen. In alle bodemtypen vormden mesofiele aerobe sporenvormers en anaerobe sporenvormers de populaties met de hoogste concentratie en vormde *B. cereus* de populatie met de laagste concentratie (tabel 28). De zandbodem bevatte voor de zes sporenpopulaties de laagste concentratie, terwijl de toemaakbodem voor alle populaties de hoogste concentratie bevatte. Tusseliggende concentraties werden aangetoond in de compostbodem en in zaagselmonsters uit ligboxstallen bij de drie proefbedrijven. De concentraties sporen van mesofiele aerobe sporenvormers en anaerobe sporenvormers waren significant hoger in compostbodem dan in zaagsel uit ligboxen. De concentraties van de overige populaties waren niet verschillend in deze twee bodemtypen.

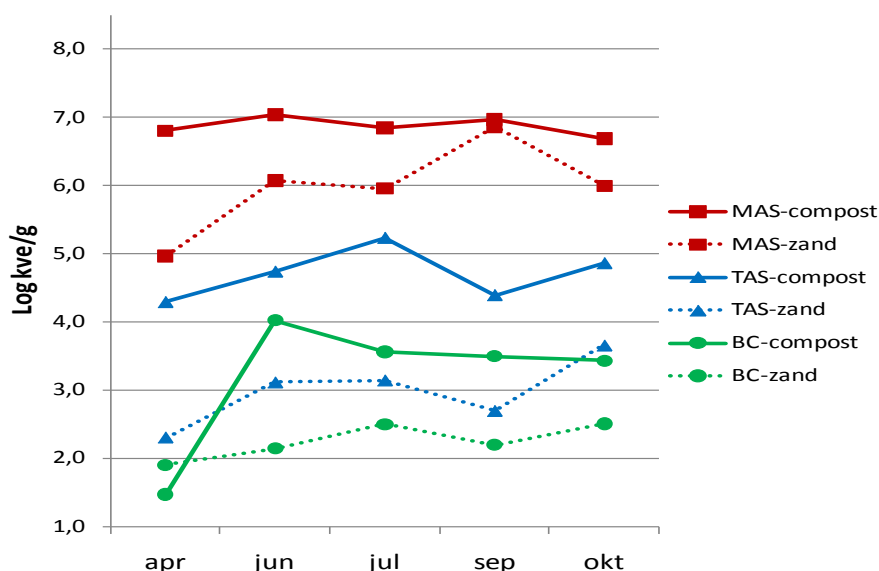
Tabel 28 Gemiddelde concentraties (van sporen van thermofiele, mesofiele en psychrotrofe aerobe sporenvormers (TAS, MAS en PAS), *B. cereus*, anaerobe sporenvormers (AAS) en boterzuurbacteriën (BZB) in bodemmonsters van vrijloopstallen bij de proefbedrijven Aver Heino (zand), Waiboerhoeve (compost) en Zegveld (toemaak) en monsters zaagsel uit ligboxstallen bij deze bedrijven. Ter vergelijking zijn concentraties in ongebruikt zaagsel weergegeven

Stalbodem	Aantal monsters	TAS	MAS	PAS	<i>B. cereus</i>	AAS	BZB
(Log kve/gram)							
Zandbodem	10	3,0 ^{a 1}	6,0 ^a	3,9 ^a	2,2 ^a	5,6 ^a	4,0 ^a
Compostbodem	10	4,7 ^{bc}	6,9 ^b	4,5 ^b	3,2 ^b	6,7 ^c	4,0 ^a
Toemaakbodem	4	5,5 ^c	7,1 ^b	5,3 ^c	4,2 ^c	6,7 ^{bc}	4,8 ^b
Zaagsel (ligbox)	20	4,6 ^b	6,2 ^a	4,4 ^b	2,8 ^{ab}	6,1 ^{ab}	4,0 ^a
Ongebruikt zaagsel	2	<1,7	3,2	2,6	1,6	2,7	1,7

¹ De significantie van verschillen tussen gemiddelde concentraties van zand-, compost- en toemaakbodem en zaagsel uit ligboxstallen werden getest met de Bonferroni test. Een verschillende letter in een kolom betekent een significant verschil (P<0,05)

Ter vergelijking werden de sporenpopulaties ook bepaald in ongebruikt zaagsel, dat als stalstrooisel werd gebruikt. Dit materiaal bevatte substantieel lagere concentraties dan zaagsel uit ligboxen (tabel 28), wat bevestigt dat uitscheiding door koeien de belangrijkste bron van sporen was. Voor de bodems van vrijloopstallen waren geen ongebruikte bodemonsters beschikbaar.

De variatie in de concentraties van de verschillende sporenpopulaties in zandbodem en compostbodem gedurende de meetperiode van april tot oktober 2009 bleek relatief gering. In figuur 40 is dit geïllustreerd voor sporen van mesofiele en thermofiele aerobe sporenvormers en *B. cereus*. In de zandbodem werd gedurende de meetperiode een lichte toename van deze populaties waargenomen. Omdat aerobe sporenvormers, in het bijzonder thermofiele soorten, een belangrijke rol spelen in compostingsprocessen was de verwachting dat sporen van deze populaties in compostbodem substantieel zouden toenemen in de tijd en dat thermofiele aerobe sporenvormers de dominante populatie zou worden. Uit de resultaten blijkt dat dit niet het geval was: tussen april en juli was sprake van een lichte stijging van de concentratie sporen van thermofiele aerobe sporenvormers in compostbodem, maar na juli daalde de concentratie weer (figuur 41). De sporenpopulatie van thermofiele aerobe sporenvormers vormde nooit meer dan 2% van de sporenpopulatie van mesofiele aerobe sporenvormers. Dit wordt waarschijnlijk mede verklaard door de vaststelling dat het compostingsproces van de compostbodem niet optimaal verlopen was. Verder was opmerkelijk dat de concentratie *B. cereus* sporen na het eerste meetpunt in april fors toenam. De oorzaak hiervan is niet bekend en is in het onderzoek niet verder onderzocht.



Figuur 41 Gemiddelde concentraties en standaard deviaties van sporen van mesofiele sporenvormers (MAS), thermofiele aerobe sporenvormers (TAS) en *B. cereus* (BC) in compostbodem en zandbodem tussen april en oktober 2009

Uit eerdere onderzoeken is bekend dat *B. cereus* diverse potentiële bronnen heeft, zoals stalstrooisels, krachtvoer, kuilvoer en, in geval van beweiding, grond (Vissers et al., 2007; Magnusson, 2007). Aangezien de dieren die werden gehouden in de stal met compostbodem niet werden beweïd en de initiële concentratie *B. cereus* sporen in de compostbodem laag was is het waarschijnlijk dat in dit geval het dieet van de koeien de belangrijkste bron van *B. cereus* sporen vormde.

De concentraties sporen van psychrotrofe aerobe sporenvormers, anaerobe sporenvormers en boterzuurbacteriën in zowel compostbodem als zandbodem bleven min of meer constant gedurende de gehele meetperiode (data niet getoond). Aangezien het dieet van de dieren de belangrijkste bron is van deze sporen, zijn deze resultaten ook een aanwijzing dat de sporenbelasting van het dieet weinig variatie bezat.

Het aantal meetgegevens van toemaakbodem is onvoldoende om conclusies over eventuele trends in de loop van de tijd te kunnen trekken. In tegenstelling tot de vrijloopstallen met compostbodem en zandbodem werd de vrijloopstal met toemaakbodem namelijk slechts twee keer bemonsterd, in oktober 2009 en in mei 2010. De verschillen in concentraties van sporenpopulaties tussen deze twee

meetpunten waren relatief gering (maximaal 0,8 log kve/g) (data niet getoond). Ondanks het lagere aantal meetgegevens voor toemaakbodem laten de resultaten duidelijk zien dat in toemaakbodem hogere concentraties van sporenpopulaties voorkwamen dan in de andere bodemtypen (tabel 28). Met betrekking tot de concentraties sporen in zaagsel uit ligboxen waren de verschillen tussen de drie bedrijven relatief gering en zijn de resultaten waarschijnlijk representatief voor de praktijk. Of dit ook geldt voor de resultaten van de verschillende bodemtypen voor vrijloopstallen is niet duidelijk, aangezien de opzet van het onderzoek zodanig was dat elk bodemtype bij één bedrijf werd onderzocht. Dit kan in vervolgonderzoek worden vastgesteld bij praktijkbedrijven met een vrijloopstal met bijvoorbeeld zand- of compostbodem.

5.3.2 Identificatie van sporenvormers

Door DNA-typeringsmethoden werden de dominante populaties aërobe sporenvormers geïdentificeerd. Een volledig overzicht van de geïdentificeerde soorten staat in BIJLAGE IX. De drie meest dominante soorten binnen de populatie thermofiele aërobe sporenvormers waren *Bacillus licheniformis* (45% van de geïdentificeerde isolaten), *Bacillus smithii* (32%) en *Brevi bacillus thermoruber* (15%).

De drie meest dominante soorten binnen de populatie mesofieleaërobe sporenvormers waren *B. licheniformis* (79%), *Bacillus pumilus* (10%) en *Bacillus subtilis* (5%).

De drie meest dominante soorten binnen de populatie psychrotrofaaërobe sporenvormers waren *Paenibacillusxylanexedens* (52%), *Bacillus cereus* (15%) en *Bacillus psychrodurans* (11%). Alle *Paenibacillus*-species gezamenlijk vormden 66% van de geïdentificeerde psychrotrofe aerobe sporenvormers flora.

Met uitzondering van de psychrotrofe soort *B. psychrodurans*, die uitsluitend werd aangetoond in zandbodem, kwamen sporen van de hierboven genoemde dominante aerobe sporenvormers in alle stalbodemtypen voor, inclusief zaagsel uit ligboxstallen. Aanwezigheid van de overige soorten was dus niet specifiek geassocieerd met een bepaald type stalbodem. Ook was aanwezigheid van een soort niet specifiek geassocieerd met een bepaald proefbedrijf. Dit zijn aanwijzingen die bevestigen dat feces van de koe de belangrijkste besmettingsbron is van sporen in stalbodems. Zoals beschreven in paragraaf 5.1 is voer de belangrijkste bron van de sporen in feces.

5.3.3 *Klebsiella*, *E. coli* en streptococcen

De laagste concentraties *Klebsiella*, *E. coli* en streptococcen werden, net als de sporenpopulaties, aangetoond in de zandbodem, hoewel voor *E. coli* het verschil met de andere bodemtypen statistisch niet significant was (tabel 29). Opmerkelijk is dat de concentratie streptococcen veruit het hoogst was in zaagsel uit ligboxstallen van de proefbedrijven. Hierbij was er geen relevant verschil tussen de proefbedrijven.

Tabel 29 Gemiddelde concentraties van *Klebsiella*, *E. coli* en streptococcen in bodemmonsters van vrijloopstallen bij de proefbedrijven Aver Heino (zand), Waiboerhoeve (compost) en Zegveld (toemaak) en monsters zaagsel uit ligboxstallen bij deze bedrijven. Ter vergelijking zijn concentraties in ongebruikt zaagsel weergegeven

Stalbodem	Aantal monsters	Streptococcen		
		E. coli		
		(Log kve/gram)		
Zandbodem	10	5,8 ^{a 1}	5,1	2,2 ^a
Compostbodem	10	6,5 ^b	5,9	4,7 ^b
Toemaakbodem	4	6,9 ^b	5,3	4,4 ^b
Zaagsel (ligbox)	20	8,3 ^c	6,1	4,1 ^b
Ongebruikt zaagsel	2	<3,7	<1,7	2,2

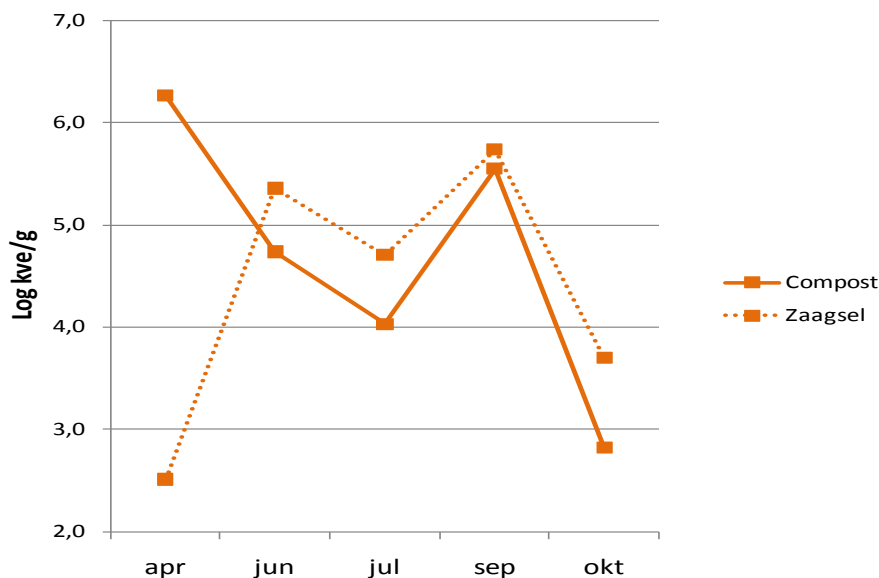
¹ De significantie van verschillen tussen gemiddelde concentraties van zand-, compost- en toemaakbodem en zaagsel uit ligboxstallen werden getest met de Bonferroni test. Een verschillende letter in een kolom betekent een significant verschil (P<0,05).

De oorzaak van de hoge concentratie streptococcen in zaagsel uit ligboxen is niet bekend. Kennelijk is zaagsel een matrix waarin streptococcen goed kunnen overleven of kunnen vermeerderen. De betekenis van deze waarneming voor het risico op mastitis is niet duidelijk, maar waarschijnlijk

beperkt. Mastitis veroorzakende *Streptococcus* species, zoals *Streptococcus uberis*, behoren weliswaar tot de flora die met deze bepaling wordt bepaald, maar de dominante flora wordt gevormd door onschadelijke coccen, zoals *Aerococcus*, *Enterococcus* en *Lactococcus* species (Sawant *et al.*, 2002).

Opmerkelijk is dat relatief hoge *Klebsiella* concentraties werden aangetoond in zowel compostbodem, toemaakbodem als zaagsel uit ligboxen. Anders dan de andere bacteriën was de variatie in *Klebsiella* concentratie tussen verschillende monsternamen bij een bedrijf groot. Dit wordt geïllustreerd in figuur 42 waarin de *Klebsiella* concentratie in compostbodem bij proefbedrijf Waiboerhoeve en zaagsel uit ligboxen bij proefbedrijf Aver Heino tussen april en oktober 2009 is weergegeven. De oorzaak van deze variatie is niet bekend. Een mogelijke verklaring is dat er een grote variatie is in de uitscheiding van *Klebsiella* in de mest van koeien. De resultaten suggereren ook dat *Klebsiella* in compost en toemaak net als in zaagsel kan overleven (en mogelijk kan vermeerderen).

In de sector wordt vaak verondersteld dat zaagsel de belangrijkste bron is van mastitis veroorzakende *Klebsiella*. De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat er andere relevante bronnen zijn. De resultaten duiden ook op het belang van mest als bron van *Klebsiella*, ook bij dieren die worden gehouden in stallen zonder zaagsel. Gezien de toename van mastitis veroorzaakt door *Klebsiella* is meer onderzoek naar de bijdrage van stalbodemmateriaal en de koe als drager van de bacterie aan *Klebsiella*-mastitis wenselijk.



Figuur 42 Gemiddelde concentratie en standaarddeviatie van *Klebsiella* in compostbodem bij proefbedrijf Waiboerhoeve en zaagsel uit ligboxen proefbedrijf Aver Heino tussen april en oktober 2009

5.4 Conclusies en aanbevelingen

- Uit oogpunt van stalbodems als bron van microbiologische besmettingen was de zandbodem het meest gunstige bodemtype. Deze bodem bevatte lagere concentraties van alle onderzochte sporenpopulaties en van streptococci, *Klebsiella* en *E. coli* dan de overige geteste stalbodems.
- De toemaakbodem was het meest ongunstige bodemtype. Deze bodem bevatte hogere concentraties van alle sporenpopulaties dan de referentiebodems, zaagsel uit ligboxstallen.
- De microbiologische samenstelling van de compostbodem verschilde relatief weinig van die van zaagsel uit ligboxstallen. Deze conclusie geldt mogelijk niet voor andere compostbodems omdat de compostering van de bodem niet optimaal verlopen was.
- Zaagsel uit ligboxstallen bevatte een hogere concentratie streptococci dan stalbodems van vrijloopstallen. De betekenis van deze waarneming voor het risico op mastitis is waarschijnlijk beperkt.
- In alle bodemtypen vormden sporen van *Bacillus licheniformis* de dominante sporenpopulatie van mesofiele en thermofiele aërobie sporenvormers en sporen van *Paenibacillus xylanexedens* de dominante sporenpopulatie van psychrotrofe aërobie sporenvormers.

- Gezien het oriënterende karakter van het onderzoek kan op grond van de resultaten op dit moment nog geen positieve of negatieve aanbeveling worden gegeven ten aanzien van bepaalde bodemtypen voor vrijloopstallen.
- Aanbevolen wordt de conclusies van dit onderzoek met betrekking tot de microbiologische samenstelling van stalbodems in de praktijk te verifiëren bij melkveebedrijven met vrijloopstallen.
- Aangezien in de praktijk steeds vaker atypische stalstrooisels worden gebruikt, zoals paardenmest, compost en papierproducten, wordt ook aanbevolen bedrijven die dergelijke producten gebruiken te onderzoeken.
- Aangezien afwezigheid van chemische contaminanten in stalbodemmaterialen, bijvoorbeeld zware metalen, eveneens van belang is voor zuivelbedrijven, wordt aanbevolen ook deze contaminanten te betrekken in vervolgonderzoek.

6 Algemene discussie en conclusies vergelijkend onderzoek

Dit rapport beschrijft de eerste praktijkervaringen met drie typen bodems voor vrijloopstallen onder Nederlandse omstandigheden. Doel van het onderzoek was inzicht te krijgen in het functioneren van de drie bodemtypen onder praktijkomstandigheden en vast te stellen wat goed verloopt, waar zich knelpunten voordoen en na te gaan of deze opgelost kunnen worden. Daarnaast was een doel om kwantitatieve informatie te verzamelen over dierenwelzijn en emissies, en om de bodemtypen onderling en ten opzichte van een gewone ligboxenstal te vergelijken. Een mix dus van experimenteren en evalueren. Spannend en boeiend maar tegelijk ook balanceren tussen enerzijds een verantwoorde onderzoekuitvoering en anderzijds snel schakelen en veranderen als zichtbaar wordt dat in een bepaalde richting of bodem niet het gewenste resultaat wordt bereikt.

De focus van het onderzoek lag op het management van de bodem: lukt het onder Nederlandse omstandigheden om een goede en aantrekkelijke bodemkwaliteit te realiseren en deze te behouden. Dit wil zeggen, een bodem die het gewenste koecomfort levert, geen aanleiding geeft tot vuile dieren en afnemende melkkwaliteit en waarin de, voor die bodem, functionele processen beheersbaar zijn. Een tweede belangrijk aspect van de experimenten was om het emissieperspectief van de verschillende bodems te verkennen. De melkveehouderij dient hier nog belangrijke stappen te zetten en het is dus van groot belang om bij de ontwikkeling van nieuwe veehouderijsystemen in beeld te krijgen wat deze betekenen voor het milieu.

De drie onderzochte bodemtypen waren primair geselecteerd op aantrekkelijkheid voor de dieren om op te lopen en rusten, maar ook op verschillende functionele principes om de ammoniakemissie te beperken.

Bij de zandbodem was het uitgangspunt om mest en urine aan de basis te scheiden en apart van elkaar op te vangen en af te voeren. Het zandpakket is daarbij het medium dat deze scheiding moet bewerkstelligen. De mestflatten (de relatief ammoniak-arme feces) blijven op het zandpakket liggen en worden van het oppervlak afgeschept. In het onderzoek gebeurde dit handmatig, maar in de praktijk moet dit geautomatiseerd worden. De urine daarentegen dient snel weg te zakken in het zandpakket. De vloeistof wordt hierdoor afgesloten van de stallucht zodat de ammoniak die zich hierin vormt, vastgehouden wordt en in mindere mate vrijkomt in de buitenlucht. De urine wordt vervolgens onderin het zandpakket opgevangen en via drains afgevoerd.

Bij de compostbodem worden mest en urine opgevangen in rul organisch materiaal, in dit geval een mengsel van houtsnippers en zaagsel. Urine zakt snel weg in het materiaal waardoor de ammoniakemissie wordt tegengegaan. De mestflatten worden door het betreden van de dieren al enigszins gemengd met het organisch materiaal, maar dagelijkse mechanische bewerking van de bovenlaag van het bed, met behulp van een cultivator of frees, moet zorgen voor een goede menging. Verder dient de bewerking voor toevoer van zuurstof zodat de organische stof in het mest en strooiselmengsel door compostering langzaam wordt afgebroken. Compostering gaat gepaard met warmteontwikkeling. Deze warmte wordt benut om het ophopend vocht in de bodem te verdampen. De ammoniak die in de urine wordt gevormd, zal deels worden vastgelegd in bacterie-eiwit en deels door nitrificerende bacteriën worden omgezet in nitraat. Het nitraat kan onder gunstige omstandigheden omgezet worden in onschadelijk stikstofgas en onder ongunstige omstandigheden in de vorm van lachgas emitteren.. Het streven is om zo min mogelijk ammoniak te laten vervluchtigen. Bij de toemaakbodem is het beoogde emissie reducerende principe gebaseerd op binding van ammoniak aan de kleideeltjes in het materiaal. Er wordt dus niet gestreefd naar omzetting, maar naar het fixeren van de stikstof. Ook wordt er geen actieve afvoer van vocht beoogd via drains onder in de bodem of extra verdamping als gevolg van warmteontwikkeling in de bodem. Verdamping van vocht aan het oppervlak (als gevolg van zoninstraling en luchtbeweging over het bodemmateriaal) wordt wel gestimuleerd, maar het overtollige (urine)vocht dient ook door het materiaal zelf vastgehouden te kunnen worden. Hiervoor is het bijstrooien met droog materiaal voorzien. Bovenstaande wordt samengevat in tabel 30.

Tabel 30 Overzicht van achterliggende functionele principes

Bodem	Uitgangsmateriaal	Vocht	Stikstof
Zand	Zand	Draineren	Scheiden (feces/urine)
Compost	Organische materiaal	Verdampen	Fixeren
Toemaak	Kleibagger + riet	Absorberen	Fixeren

6.1 Discussie algemeen

Voor alle bodems geldt dat het de eerste ervaringen zijn onder Nederlandse omstandigheden en voor de toemaakbodem zelfs wereldwijd. Dit betekent dat we niet over uitontwikkelde stalbodempconcepten praten, maar over conceptideeën die op kleine schaal worden uitgetoet. De resultaten moeten dan ook in dat licht worden bezien en gewogen.

De drie bodems zijn op kleine schaal (10-20 koeien) toegepast. In alle gevallen is er voor gekozen om naast het bodemgedeelte een verharde voergang aan te leggen zodat de daarop geproduceerde mest en urine apart konden worden opgevangen en afgevoerd. Dit bleek een goede keuze, omdat het achterwege laten van zo'n een verharde voergang tot extra (punt)belasting van de bodems zou hebben geleid. Hoewel niet geverifieerd, mag verondersteld worden dat ongeveer 40 – 50 % van de dagelijkse mestproductie per koe op deze wijze afgevangen kon worden en onttrokken aan de belasting van het ligbed.

De vochtbalans van de drie bodems stond tijdens het onderzoek onder druk; dat wil zeggen dat maatregelen genomen moesten worden om ervoor te zorgen dat de bodems niet te vochtig werden.

Positief is dat de dierwaarnemingen bevestigen dat de koeien op een natuurlijke wijze gaan liggen en opstaan, weinig huidbeschadigingen tonen en een normaal activiteit- en rustgedrag laten zien. Daarmee lijkt de vrijloopstal tegemoet te komen aan de omgevingsbehoeften van de koe. Glij-incidenten, als gevolg van een te glad loopoppervlak zijn niet gemeld. Opzienbarende verbeteringen van klauwgezondheid of melkproductie zijn in het onderzoek niet gevonden. Het omgekeerde was overigens ook niet het geval. Mogelijk dat de korte looptijd, de noodzakelijke wisselingen van dieren en de beperkte dieraantallen hierin een rol spelen. Dit is een zaak voor nader onderzoek.

De eerste bevindingen over de aanwezigheid van microbiële contaminanten in de bodems voor vrijloopstallen gaven geen reden tot zorg. De eerste indrukken zijn dat de zandbodem wat gunstiger afsteekt en de toemaakbodem wat ongunstiger in vergelijking met een met zaagsel ingestrooide ligboxstal. De compostbodem lijkt een tussenpositie in te nemen, ongeveer gelijkwaardig aan de ligboxstal.

Positief is dat de ammoniakemissies per vierkante meter leefruimte substantieel lager is dan in een ligboxstal. Dit geldt voor alle bodems. Dit gunstige effect lijkt echter volledig teniet te worden gedaan door de extra ruimte die de dieren in de vrijloopstallen geboden wordt. Daarnaast draagt ook de emissie van de traditioneel uitgevoerde (betonnen) loopvloer achter het voerhek bij aan de (totale) emissie per koe.

6.2 Discussie per bodem

Zandbodem

Voor de eerste experimenten met een vrijloopstal met zandbodem is, op basis van een voorverkenning, gekozen voor een bodemopbouw die uit de paardenhouderij afkomstig is omdat de gebruikseisen sterk overeenkomen. Dat wil zeggen, een bodem die goed vochtdoorlatend is en tevens een stabiele en stevige structuur van de toplaag heeft, waardoor deze goed beloopbaar is. Dit wordt bereikt door een opbouw uit meerdere lagen met verschillen in korrelgrootte, porositeit en korrelvorm.

In de paardenhouderij wordt deze bodem toegepast in rijbakken. De belasting van de bodem met mest wordt daarbij zoveel mogelijk voorkomen en incidentele mestkeutels worden direct en -vanwege de consistentie- vrijwel volledig verwijderd. In tegenstelling tot de paardenhouderij zijn de koeien in een vrijloopstal 24 uur per dag op de bodem aanwezig en bovendien bij een veel hogere bezetting. Circa 15 m² bodem per koe versus 100 tot 800 m² per dier bij paarden. Tijdens het onderzoek werd de feces tweemaal daags handmatig verwijderd. Dit gebeurde met behulp van een aardappelriek die in het zand onder de mestflat werd gestoken. De mestflat met aanhangend zand kon op die wijze goed worden weggehaald. Om de slagingskans van een zandbodem te vergroten moeten de mestflaten echter frequenter worden verwijderd. Bij voorkeur zo snel mogelijk nadat deze op het zandbed zijn gedeponeerd. Hiervoor dient een volledig geautomatiseerd systeem te worden ontwikkeld, dat de aanwezigheid van een mestflat kan detecteren en deze vervolgens selectief kan verwijderen. Het toegepaste principe van een opraapsysteem met behulp van tanden (de aardappelriek) lijkt een geschikte startpunt voor de ontwikkeling van een effectieve en efficiënte verwijderingsmethode.

Punt van aandacht is de ongelijkmatige belasting van het zandbed. Het zandbed bij de overgang naar de voergang wordt intensiever bemest en intensiever belopen. Er treedt daardoor meer vermenging van feces en zand op waardoor de vochtdoorlatendheid snel daalt en natte en vieze plekken ontstaan. Dit is een belangrijk punt van aandacht. Denklijnen om dit te verbeteren zijn: ruime doorsteken en frequentere vervanging van de toplaag van het zandbed bij doorsteken.

De toplaag van de zandbodem is na 78 dagen vervangen door een nieuwe en 5 cm dikkere laag zand. Deze laag is later nog wat aangevuld, maar moest na 102 dagen in het geheel vervangen worden. Het onderliggende lavaliet bleek niet verontreinigd. De veronderstelling is dat de toplaag van zand langzaam dichtslibt met fijne mestdeeltjes, waardoor het vochtdoorlatend vermogen afneemt en de bodem (te) vochtig en vuil wordt. Mogelijk leidt dit ook tot een toename van de urease activiteit in de toplaag.

De ammoniakemissie per vierkante meter zandbodem bedroeg ongeveer een derde van die van een vierkante meter roostervloer in een ligboxenstal. Er was geen relatie zichtbaar tussen de hoogte van de ammoniakemissie en de veroudering van het zandbed. Wel is geconstateerd dat urinelozingen met het ouder worden van het zandbed langzamer wegzakten in het zand.

Tijdens het experiment kregen de koeien ongeveer 15 m² zandbed per dier aangeboden. Dit oppervlak was vooraf geschat als acceptabel zonder dat snelle verzadiging of overbelasting van het zandbed op zou treden. Doorvertaling van de gemeten emissiewaarden per m² leidt tot een te verwachten toename van de emissie per dierplaats van 75% in vergelijking met een ligboxenstal. Er werd nauwelijks (urine)vocht aangetroffen in de bakken die in de kelder onder het gaatjesrooster waren geplaatst. Een goede verklaring hiervoor is niet te vinden. Als op basis van de ontwikkeling van het vochtgehalte in de verschillende lagen een doorrekening wordt gemaakt van vochttoename in het zandbed in de tijd, komt dit uit op 5 liter vochttoename per koe per dag gedurende de eerste periode, en een lagere hoeveelheid tijdens de tweede periode. Hergebruik van zand, na reiniging, lijkt hier technisch gezien een optie maar een kostenvergelijking moet duidelijk maken of daarmee ook de jaarkosten van de bodem beperkt kunnen worden.

Compostbodem

Voor de experimenten met de compostbodem is gebruik gemaakt van de ervaringen uit de Verenigde Staten. Er is gekozen voor een mengsel van verse houtsnippers en zaagsel. Hiervan is bij aanvang een laagdikte van ongeveer 50 cm aangebracht op een dichte betonvloer. Tijdens het gebruik is regelmatig (ongeveer twee wekelijks) extra materiaal ingestrooid.

Tijdens het experiment kregen de koeien ongeveer 12,5 m² compostbodem per dier aangeboden. Dit is meer dan in de Verenigde Staten gebruikelijk is (circa 7,5 tot 10 m²), maar minder dan bij de andere bodems die we hebben onderzocht. Ook hier was het initiële beeld dat 12,5 m² een acceptabele belasting moet betekenen.

Het drogestof gehalte van het mengsel van snippers en zaagsel bedroeg ongeveer 40% bij aanvang en nam gedurende het gebruik af naar 30%. Bij dit lage drogestof percentage oogde de bodem vochtig en dreigden de koeien vuil te worden. Door het bijstrooien van vers en schoon materiaal kon hierin verbetering worden bereikt, maar dit was slechts van tijdelijke aard. Het regelmatig moeten opbrengen van vers materiaal was ook noodzakelijk in de compoststallen in de Verenigde Staten. Ook daar is het criterium dat het bed te vochtig werd en de koeien vervuilen.

Anders dan bij de compoststallen in de Verenigde Staten werd op de Waiboerhoeve slechts een heel geringe temperatuurtoename in de bodem waargenomen. In de eerste maanden na de opstart kwam de gemiddelde kerntemperatuur van de bodem niet boven de 30 °C, waardoor de indruk ontstond dat het composteringsproces niet goed van de grond kwam. Mogelijke oorzaken hiervoor waren onvoldoende zuurstoftoetreding of een tekort aan gemakkelijk afbreekbare koolstofbronnen.

Zuurstofmetingen wezen uit dat in de bovenlaag, op circa 20 cm diepte gemiddeld 16% zuurstof aanwezig was in de poriën, in de tijd aflopend naar zo'n 8%. Op 40 cm diepte was het zuurstofgehalte lager (aflopend van ongeveer 11 naar 3%), maar nog voldoende voor het composteringsproces. Zuurstof was dus niet limiterend. Uit de Oxitop-metingen die in het kader van het satellietproject (bakkenproef) zijn ingezet komt evenmin het beeld naar voren dat het materiaal onvoldoende afbreekbare koolstofbronnen bevatte.

Een andere mogelijke oorzaak van de geringe temperatuurtoename is dat de compostering wel op gang is gekomen, maar de vrijkomende warmte te snel is afgevoerd, bijvoorbeeld naar de onderliggende betonbodem en tijdens het omzetten naar de lucht. Een te dunne laag materiaal dus met te grote warmteverliezen. Dit is de meest waarschijnlijke verklaring. Binnen grenzen geeft elke 3 graden temperatuurtoename een verdubbeling van de omzettingssnelheid. Dus een toename van de temperatuur in het bed zorgt er voor dat de compostering sneller gaat verlopen en er ook weer meer

warmte wordt geproduceerd. Het proces versnelt daardoor vanzelf, en wordt pas afgeremd als de benodigde ingrediënten (zuurstof, beschikbare koolstof en/of actieve bacteriën) limiterend worden. Dit proces is in de compostbodem van de Waiboerhoeve niet op gang gekomen waardoor de omzettingsprocessen op een laag niveau zijn blijven steken (een vorm van koude compostering) en er weinig warmte beschikbaar kwam om de verdamping van vocht te ondersteunen.

Bovenstaande hypothese wordt ondersteund door de uitkomsten van het satellietexperiment waaruit bleek dat een verdubbeling van de dikte van het bodempakket wel tot een substantiële temperatuurstijging leidde.

Dat de omzettingsprocessen in de compostbodem niet helemaal stil lagen wordt bevestigd door de CO₂-metingen die parallel aan ammoniakemissiemetingen zijn uitgevoerd. Kooldioxide (CO₂) is een afbraakproduct van het composteringsproces. De gemeten CO₂-productie liet een wisselend verloop zien. De hoogste gemiddeld gemeten waarde lag op 181 g CO₂ per m² per uur, de laagste gemiddelde waarden op ruim 50 g CO₂ per m² per uur. Naarmate de omzettingsprocessen sneller verlopen wordt meer CO₂ geproduceerd.

Toemaakbodem

Toemaak is een oude term uit het veenweidegebied waarmee het mengsel van stalmeest en bagger wordt bedoeld dat als meststof op weidegrond werd gebruikt. Deze term is gekozen voor het materiaal dat op praktijkcentrum Zegveld is toegepast als vrijloopbodem. Basis voor deze keuze lag in de laboratoriumexperimenten waarin de ammoniakemissie van verschillende materialen gemeten is (Smits *et al.*, 2009). Daarin kwam het gebruikte slootbagger naar voren als positief voor de ammoniakemissie. Het materiaal was een mengsel van klei en veen. Dit materiaal is echter nog nooit toegepast als ligbed voor koeien. Ook op het oorspronkelijke 'toemaak' werden geen koeien gehouden. Dit maakte dat het experiment op Zegveld een hoog trial-and-error gehalte had. Als uitgangspunt is kleibagger uit een baggerdepot gekozen, vermengd met riet uit de nabijgelegen Nieuwkoopse Plassen.

Er is in de loop van de proefperiode geëxperimenteerd met verschillende manieren van bewerken en de manier waarop het riet wordt toegevoegd. Er is hierdoor dus geen sprake van een stabiele situatie voor het bodemmanagement. Dit heeft gevolgen voor de interpretatie van de uitkomsten van de dierwaarnemingen en de emissiemetingen.

Het bleek lastig om de koeien schoon te houden. Hoewel dit niet tot grote problemen met uiergezondheid of melkwaliteit geleid heeft, was het niet positief voor de beeldvorming van deze bodem. Bewerking van het bed leek ook averechts te werken. Mogelijke verklaringen daarvoor zijn dat er te weinig riet was ingebracht of dat de bewerking te intensief was waardoor de kleibagger gedeeltelijk versmeerde en de vochtdoorlatendheid sterk terug liep. Een derde mogelijk verklaring is dat de mest die op het verharde gedeelte achter het voerhek viel, door het afschot van deze mestgang weer terugliep in het ligbed. De belasting van de bodem met feces en urine is dus, zeker in het gedeelte vlak achter de mestgang, veel groter geweest dan op basis van berekeningen vooraf geschat was.

Al met al kunnen we concluderen dat de combinatie van bagger en riet bruikbaar is als bodemmateriaal voor vrijloopstallen, maar dat zo droog mogelijke bagger gebruikt moet worden, dat het riet niet verkleind moet worden en dat de bedding bij voorkeur niet bewerkt moet worden. Net als bij de compostbodem wordt het moment van bijstrooien van riet bepaald door de hygiëne van de koeien.

6.3 Discussie per aspect

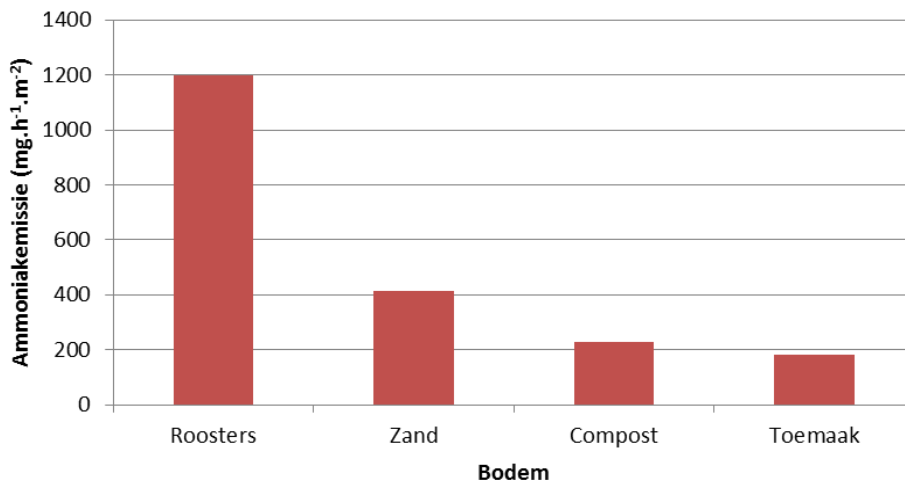
Dierenwelzijn

Alle dierwaarnemingen samengenomen kunnen we vaststellen dat vrijloopstallen in vergelijking met ligboxenstallen potentiële pluspunten hebben voor een goed welzijn, zoals die ook zijn gevonden voor potstallen. Dit betreft met name het vlotter gaan staan en liggen en minder kans op huidbeschadigingen. In de pilots op de proefbedrijven zijn voor andere potentiële welzijnsvoordelen, zoals een betere klauwgezondheid, door de betrekkelijk korte proefperiode en de nog niet stabiele bodems nog geen duidelijke aanwijzingen gevonden. De totale ligtijd, afwisseling van liggen en staan en lighoudingen van enkele groepen niet-kreupele en verder klinisch gezonde dieren zijn niet wezenlijk anders in vrijloopstallen, ondanks dat ze vlotter kunnen gaan staan en liggen. Het is mogelijk dat een deel van de pluspunten met name van belang zijn voor kwetsbare dieren en minder voor gezonde dieren.

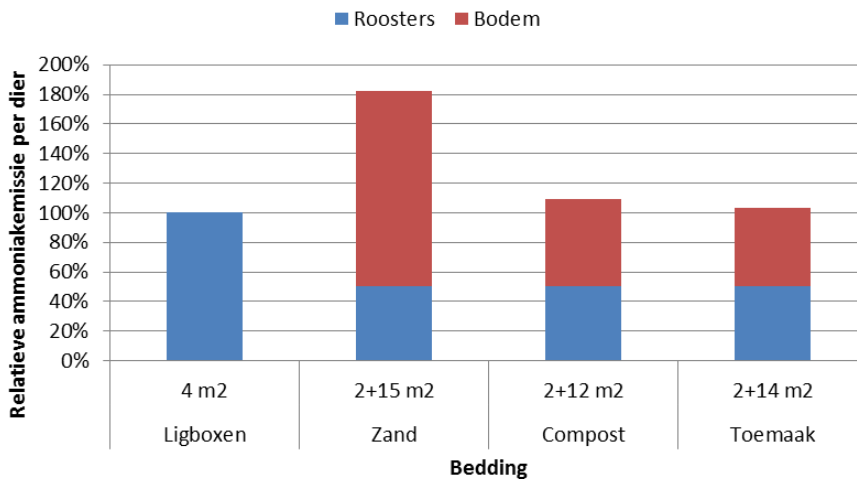
De hygiëne is nog een aandachtspunt, dit hangt sterk samen met het bodemmanagement. Een mogelijk nadeel is dat tochtige dieren meer onrust kunnen geven, maar dit zou kan opgelost door deze dieren tijdelijk uit de groep te halen.

Milieu

Omdat het bevuild oppervlakte per dier nogal verschilt tussen een ligboxenstal en een vrijloopstal is niet alleen de emissie per m² vergeleken, maar ook de (berekende) emissie per koe. In figuur 43 is de ammoniakemissie per m² van de verschillende bodems weergegeven en in figuur 44 de emissie per koe. In figuur 44 is bij de vrijloopstal onderscheid gemaakt tussen de emissie afkomstig van de roostervloer achter het voerhek en de emissie afkomstig uit het ligbed.



Figuur 43 Ammoniakemissie per m² van bodem in vrijloopstal ten opzichte van ligboxenstal (ligboxenstal met roosters is 100%)



Figuur 44 Ammoniakemissie per koe van bodem in vrijloopstal ten opzichte van ligboxenstal (ligboxenstal met roosters is 100%)

Uit de oriënterende boxmetingen blijkt dat de ammoniakemissie per m² in een vrijloopstal slechts 15 tot 35% is vergeleken met die van een roostervloer in een ligboxenstal. Per koe is de ammoniakemissie op een zandbodem veel hoger dan in een ligboxenstal. De ammoniakemissie per koe van de compostbodem en de toemaakbodem is iets hoger (5-10%) dan die van een roostervloer in een ligboxenstal.

De emissies per koe zijn dus uitgerekend op basis van de gemeten emissies per m². Voor de roostervloer kan echter ook uitgegaan worden van de emissie per m² zoals die berekend kan worden uit de emissiefactor die in de Rav is opgenomen (11 kg NH₃ per dier per jaar). De emissie per m² is dan veel lager: 314 i.p.v. 1200 mg NH₃ per m². Dat betekent dat de relatieve ammoniak emissie van

de vrijloopstal met zand, compost en toemaakbodem dan fors hoger wordt ten opzichte van de ligboxenstal: respectievelijk 542%, 252%, 245%.

De eerste emissieresultaten van de vrijloopbodems zijn dus nog erg indicatief en de spreiding is groot. De vrijloopstal met een zand-, compostering- of toemaakbodem zoals toegepast op de drie proefbedrijven en bij dat aantal m^2 per koe kan op basis van deze oriënterende metingen niet als een emissiearm stalsysteem beschouwd worden. Tegelijk kunnen we opmerken dat alle bodems nog wel een zeker mate van ontwikkelperspectief hebben. Voorlopige voorzichtige conclusie wat betreft de ammoniakemissie is dat de kans om uiteindelijk als emissiearm systeem te worden aangemerkt op dit moment voor de compost en toemaakbodem het grootst lijkt. Verder metingen op praktijkbedrijven moeten uitmaken of deze verwachting terecht is.

Op de zandbodem werd nauwelijks methaanemissie gemeten. Op de compostbodem varieert de methaanemissie sterk tussen 0,4 en 3,7 gram methaan per m^2 per uur. Op de toemaakbodem varieert deze waarde tussen 0,7 en 0,8 gram per m^2 per uur. De emissie van kooldioxide op de compostbodem varieert tussen 54 en 181 gram per m^2 per uur en op de toemaakbodem tussen 14 en 23 gram per m^2 per uur.

De emissie van lachgas is bij de vrijloopbodems niet bepaald. De verwachting bij de zand- en toemaakbodem is dat deze emissie laag zal zijn. Bij de compostbodem bestaat echter de kans dat er lachgas gevormd wordt tijdens het composteringsproces dat later emitteert. Het verloop en de beheersing van het composteringsproces zal daarbij naar verwachting een belangrijke rol spelen. In het slechtste geval kan een deel van de aanwezige stikstof ook als lachgas verdwijnen. Ook hier moeten praktijkmetingen meer duidelijkheid geven.

7 Ervaringen en bevindingen in de praktijk

Paul Galama

Het onderzoek naar bodems in vrijloopstallen op de proefbedrijven heeft plaatsgevonden in 2009 en 2010 gebaseerd op inspiraties uit het buitenland in 2007 en 2008 en gesprekken met melkveehouders in netwerken strategisch bouwen. In 2009 is de eerste vrijloopstal op een praktijkbedrijf gereed gekomen en eind 2010 waren er totaal vier praktijkbedrijven met een vrijloopstal. De resultaten uit het onderzoek op praktijkbedrijven, zoals beschreven in de vorige hoofdstukken, samen met de ervaringen uit de praktijk zijn gebruikt in vele bijeenkomsten om kennis te verspreiden, uit te wisselen en om te leren. In dit hoofdstuk worden de impact van de kennisverspreiding en de vragen die het oproept in de praktijk beschreven. Vervolgens wordt schematisch beschreven hoe er geleerd is vanuit ervaringen en bevindingen in de praktijk.

7.1 Kennisverspreiding en impact

Via artikelen en filmbeelden veel impact

Over de resultaten van het onderzoek op de proefbedrijven en ervaringen in de praktijk zijn diverse artikelen verschenen in de vakbladen en zijn filmbeelden gemaakt. Alle informatie is te vinden op de website www.vrijloopstallen.wur.nl. Deze open communicatie met de omgeving heeft voor veel impact gezorgd. Op dit moment (eind 2010) zijn er vier praktijkbedrijven die een vrijloopstal gebouwd hebben. In chronologische volgorde zijn dat het bedrijf van de familie Peeters in Dorst (Brabant) vanaf september 2009, het bedrijf van familie Wiersma in Midwolde (Groningen) vanaf december 2009, het bedrijf van familie Havermans in Moerdijk (Brabant) vanaf juni 2010 en het bedrijf van de familie Groenewegen in Kraggenburg (Flevoland) vanaf oktober 2010.

Ook hebben tientallen melkveehouders een aanvraag voor vergunning voor een vrijloopstal ingediend. Met de eerste twee melkveehouders met een vrijloopstal is regelmatig contact geweest en in overleg met hen zijn artikelen in vakbladen verschenen en zijn filmbeelden gemaakt. Verder heeft de Wereldomroep een filmpje gemaakt over de vrijloopstal als 'luxe lounge voor koeien' en heeft NRC-Handelsblad in de wetenschapbijlage een artikel gewijd aan 'Loeien in de serre' waarin ook de vrijloopstal ter sprake komt. Naast de informatie in landbouwbladen voor de melkveehouders zijn hiermee ook de burgers bereikt. Overigens bleek uit de voorgesprekken met de Wereldomroep dat het idee heerst dat burgers vooral benieuwd zijn of de vrijloopstal niet te comfortabel is voor koeien, waardoor ze niet meer in de wei komen.

Onderwijs en studieclubs

Er zijn diverse communicatieactiviteiten geweest. In BIJLAGE X is voor 2007 en 2008 een globaal overzicht gegeven en in BIJLAGE XI is voor 2009 en 2010 een overzicht specifiek per doelgroep. De inleidingen voor het hoger- en middelbaar onderwijs hebben ertoe geleid dat diverse studenten aan de slag zijn gegaan met nieuwe stalontwerpen, rekening houdend met de actuele eisen van de koe, de boer en de omgeving. De discussie met de agrarische jongeren in Noord Holland en Overijssel gaven aan dat jonge boeren open staan voor nieuwe ontwikkelingen. Uit discussies met diverse studieclubs en dealers van stalrichters blijkt dat men wel open staat voor nieuwe ontwikkelingen maar ook nog tevreden is met goed ingerichte ligboxenstallen.

Andere bovenbouw en welstand

De vrijloopstal vergt meer ruimte en daarom ook een andere bovenbouw. Met Stichting Oversticht, een kennis- en adviesorganisatie op het gebied van ruimtelijke kwaliteit, die ook adviseert over de welstandbeoordeling van nieuwe stallen door een groot aantal gemeenten in Overijssel en Flevoland, is vooral gediscussieerd over verschillende typen bovenbouw die past bij een vrijloopstal. Op proefbedrijf Zegveld is op kleine schaal een foliekas gebouwd. Dit type bovenbouw is gerealiseerd op het bedrijf van de familie Havermans in Moerdijk. Andere melkveehouders hebben ook bouwplannen met een foliekas.

Verder met geïnteresseerden

Met de melkveeacademie zijn in 2009 twee melkveeacademie's georganiseerd over het ontwerpen van nieuwe stallen. Daaruit zijn circa vijf melkveehouders naar voren gekomen die willen investeren in vrijloopstallen. Eind 2009 is op de website www.verantwoordeveehouderij.nl een oproep gedaan aan

melkveehouders die binnen drie jaar willen investeren in een vrijloopstal. Daaruit is samen met de geïnteresseerden uit de melkveeacademie's en uit het praktijknetwerk 'Strategisch bouwen' een groep gevormd van ongeveer 25 melkveehouders. Eind 2009 zijn met hen twee bijeenkomsten georganiseerd om informatie uit te wisselen en heeft dhr. Yehuda Sprecher, architect uit Israël, een aantal inspirerende ontwerpen gepresenteerd.

Belangstelling sterk gegroeid

Door de vele communicatie via vakbladen, veel bekeken filmbeelden, de open dag bij de eerste vrijloopstal in de praktijk en de inleidingen en kennisuitwisseling is de belangstelling voor vrijloopstallen sterk gegroeid. De open dag in september 2009 (Peeters, Dorst) trok meer dan 1200 bezoekers. Ook het symposium de dag ervoor trok circa 200 belangstellenden. De publiciteit is daarna in een stroomversnelling geraakt. Na de bouw van de tweede praktijkstal in december 2009 (Wiersma, Midwolde) is in de maanden daarna opnieuw veel publiciteit geweest. Er komen veel veehouders en studieclubs op bezoek bij deze bedrijven. Ook vanuit Denemarken, Duitsland, Oostenrijk en Frankrijk is veel belangstelling. In Top Agrar is een overzichtsartikel verschenen van het onderzoek dat in Nederland gaande is. De toenemende belangstelling roept ook veel vragen op. Er zijn daarom in 2010 in samenwerking met de melkveeacademie weer twee melkveeacademie's georganiseerd rondom deze bedrijven. Ruim 80 melkveehouders hebben interesse getoond en ongeveer 75% daarvan ziet de vrijloopstal als serieus alternatief voor de ligboxenstal. Verschillende melkveehouders gaan aan de slag met of zonder financiële ondersteuning. Van de 80 bezoekers aan de melkveeacademie's zijn 15 verder begeleid in een netwerk van de Melkveeacademie.

Enkele melkveehouders maken gebruik van de investeringsregeling 'Integraal duurzame stallen en veehouderijsystemen' of innovatieregelingen. Vier bedrijven maken gebruik van de SBIR-regeling 'Integraal duurzame stallen en houderijsystemen'. Drie melkveehouders in de Provincie Utrecht doen mee in een onderzoeksproject gefinancierd door Provinciale Staten van Utrecht.

Tevens zijn gesprekken gevoerd met deskundigen van composteringsbedrijven omdat bodems met compost voor hen nieuwe kansen biedt.

7.2 Reacties uit de praktijk

Tijdens de melkveeacademies, georganiseerd door de Melkveeacademie, is de 80 deelnemers gevraagd naar de voordelen van vrijloopstallen en zorgen of vragen die nog leven. Een opsomming.

Voordelen

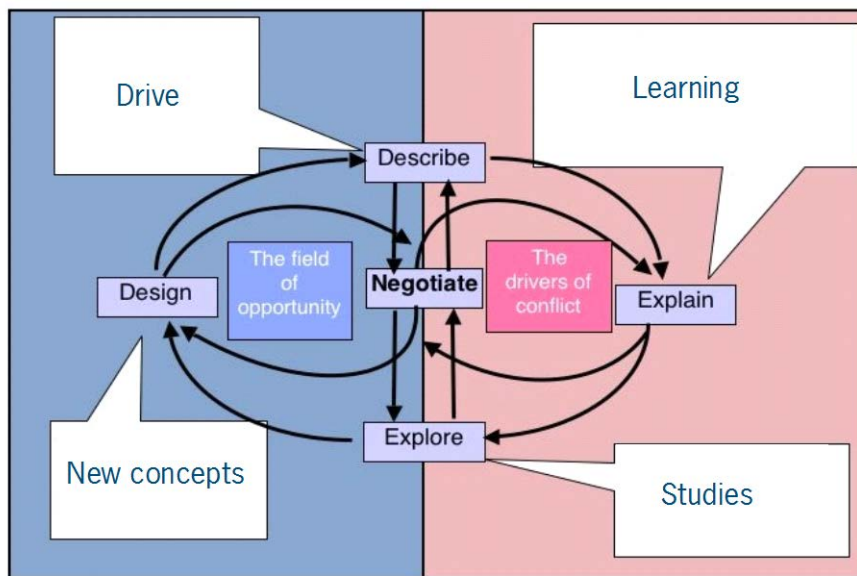
De deelnemers noemen vaak een beter dierenwelzijn en verbetering van de bodemvruchtbaarheid door gebruik van compost gemengd met mest als belangrijke voordelen van een vrijloopstal. Deze voordelen raken de kern van een melkveebedrijf. In het geval van afzet van 'compost verrijkt met mest' naar akkerbouwers zal ook bouwgrond kunnen profiteren van een hoog organische stofgehalte in de bodem. Ook het imago van de melkveehouderij kan versterkt worden door veel bewegingsruimte voor de dieren en door de openheid van de gebouwen.

Zorgen en vragen

De zorgen en vragen van de deelnemers gaan vooral over of de beoogde voordelen van beter dierenwelzijn en betere bodemvruchtbaarheid ook daadwerkelijk gerealiseerd kunnen worden. Leidt het ook tot minder gezondheidsproblemen (met name klauw- en beenproblemen, mastitis) van de dieren? Wat is de juiste ondergrond, het juiste bodemmateriaal en hoe moet je de bodems managen? Bij gebruik van compost of houtsnippers als bodemmateriaal zal ook de mestkwaliteit veranderen. Welke gevolgen heeft dit voor de bemesting en hoe past deze ontwikkeling in de mestwetgeving? Zorgen zijn er bijvoorbeeld over het 'stikstofgat'. Als er stikstof zou verdwijnen, in welke vorm dan ook, zit er minder stikstof in de mest. Mag deze 'verdwenen' stikstof gecompenseerd worden met aanvoer van stikstof uit kunstmest of dierlijke mest? En wat zijn de economische gevolgen, rekening houdend met bouwkosten, dierenwelzijn, diergezondheid, bemesting en mestafzet. Ook zijn er nog veel vragen over het verkrijgen van een vergunning in relatie tot bouwblockgrootte en onzekerheid over emissies. En er zijn veel vragen over subsidieregelingen. De VAMIL/MIA-regeling bijvoorbeeld sluit niet aan bij vrijloopstallen.

7.3 Leren van ervaringen uit de praktijk

Door de contacten met onderwijs, melkveehouders, stalinrichters, welstandcommissie, architecten, composteringsdeskundigen en beleidmakers is veel geleerd. Daarnaast hebben de onderzoeksresultaten op proefbedrijven en ervaringen op praktijkbedrijven antwoorden gegeven op veel vragen. Maar tegelijk zijn weer nieuwe vragen opgeworpen. Er is veel geleerd uit de communicatieactiviteiten. Het leerproces is een gevolg van een bewust opgezette open communicatie via verschillende media en diepgaande discussies met voorlopers. Dat leerproces is hieronder schematisch weergegeven (figuur 45). Er is sprake van een telkens doorlopende leercyclus waarin oplossingen en antwoorden gevonden worden maar ook nieuwe vragen ontstaan. In onderstaand schema is aangegeven welke aspecten belangrijk zijn bij het innoveren en leren in de praktijk.



Figuur 45 Schematische weergave van het leerproces volgens de DEED aanpak (Bron: Giller *et al*, 2008)

DEED staat voor Describe (beschrijven), Explain (verklaren), Explore (verkennen) en Design (ontwerpen). De verschillende onderdelen in deze cyclus worden aangedreven door Drive (wat beweegt de deelnemers), Learning (wat leren de deelnemers uit experimenten), Studies (wat zijn de mogelijkheden van nieuwe richtingen en welke gevolgen hebben ze, bijvoorbeeld voor de duurzaamheidsaspecten) en New Concepts (hoe zien de herontwerpen eruit). Dit schematisch leerproces is toegepast op de ontwikkeling van de vrijloopstal.

Drive

Drive geeft aan wat de drijvende krachten van melkveehouders zijn voor een vrijloopstal. Uit contacten met melkveehouders de afgelopen jaren blijkt dat beter dierenwelzijn, langere levensduur van het vee, betere mestkwaliteit, minder mestvolume en goedkoper stallen belangrijke 'drivers' zijn om aan de slag te gaan met de vrijloopstal als alternatief voor de ligboxenstal. De keuze van type bodem wordt mede bepaald door de beschikbaarheid van bodemmateriaal in de regio en de afzetkansen van het andere type mest. Inzicht in de verschillende motieven is belangrijk om het belang van duurzaamheidsaspecten in te schatten en voor het maken van een stalontwerp dat past bij die ondernemer en zijn bedrijfsomstandigheden.

Leren en experimenteren

In het voortraject van stalontwerp en vergunningaanvraag kan men al veel van elkaar leren. Juist in deze fase is het belangrijk de motieven achter verschillende keuzes uit te wisselen en het belang van keuzes goed in te schatten. Door aan de slag te gaan met deze keuzes op proef- en praktijkbedrijven is inzicht verkregen in de relatie tussen de verschillende bedrijfsonderdelen en de duurzaamheidsaspecten.

Tijdens de informatiebijeenkomsten in samenwerking met de Melkveeacademie is veel geleerd over het ontwerp van de stal, gebaseerd op eisen van koe, boer en omgeving. Daarbij gaat het om zaken

als bovenbouw, situering voerpad en melkrobots, wel of geen loopgang achter het voerhek, aanleg van mestkelders, aanleg bodem, keuze voor bodemmateriaal of management van de bodem. De vragen vanuit de praktijk richten zich steeds meer op bodems met verschillende soorten compostmateriaal of met verse houtsnippers die in de stal composteren. Een enkele melkveehouder wil ervaring opdoen met een zandbodem.

Het is belangrijk om bij het begin van een innovatieproces verschillende opties open te houden om maximaal te kunnen leren. De praktijk lijkt zich nu vooral te focussen op bodems met compostachtig materiaal, maar maakt daarbij onderscheid tussen composteerbodems waarin het doel is om de uitgangsmaterialen samen met de mest in de stal te composteren en compostbodems waarbij elders gecomposteerd materiaal regelmatig wordt aangevoerd om de toplaag van het ligbed droog te houden.

Naast deze lijn wordt in andere projecten door stichting Courage en Jacob Noord op kleine schaal geëxperimenteerd met kunststofvloeren waarbij de dikke fractie door een doorlaatbaar doek gescheiden wordt van de urine die via drains in de onderlaag wordt afgevoerd.

Studies en nieuwe concepten

Studies zijn nodig om nieuwe wegen te verkennen, bijvoorbeeld ander bodemmateriaal, management van de bodem, inrichting stal of bovenbouw. Ook extra maatregelen kunnen nodig zijn om de emissies te beperken of de toplaag droog te houden. De studies resulteren in nieuwe technieken of nieuwe stalconcepten die vervolgens beproefd kunnen worden. Bij Wiersma is bijvoorbeeld een beluchtingssysteem in de compostbodem toegepast. De invloed hiervan op de emissies wordt nog onderzocht. De discussies over stalontwerpen leveren verschillende nieuwe gedachten op zoals ronde stal, automatisch cultiveren, voeren met mobiele voersystemen in het ligbed of foliekas als bovenbouw. De combinatie van een foliekas met een mobiel voersysteem is door bedrijf Havermans gerealiseerd. Er is dan geen voerpad en loopgang achter het voerpad meer nodig. Alle mest komt op de compostbodem terecht. Omdat de foliekas weerstand kan oproepen bij de welstandcommissies heeft een melkveehouder in Groningen samen met architectenbureau Libau en DLV een dakvorm ontworpen die past in het landschap. Ook leveranciers van bovenbouw zoals bijvoorbeeld ID Agro ontwikkelen eigen concepten en profileren zich met vrijloopstallen.

Onderhandelen tussen kansen en conflicten

De drijvende krachten gericht op beter dierenwelzijn en betere bodemvruchtbaarheid kunnen leiden tot conflicten op andere duurzaamheidsaspecten. Men moet daarom keuzes maken om meerdere duurzaamheidsbelangen te dienen. Een belangrijk spanningsveld ligt tussen meer ruimte geven aan de koe en beperken van de emissies van ammoniak, geur, fijn stof en broeikasgassen. In een vrijloopstal neemt het bevuild oppervlak per koe namelijk sterk toe ten opzichte van een ligboxenstal. Dit vraagt een grote verlaging van de emissies van ammoniak en broeikasgassen per m². Een losse bodem bijvoorbeeld beperkt vermoedelijk de emissie omdat de urine meer en sneller in de bodem trekt. Dit kan ten koste gaan van de draagkracht voor de koeien. De bodem moet daarom zodanig bewerkt worden dat beide belangen gediend worden.

Een ander voorbeeld is dat door de combinatie van schaalvergroting en meer oppervlak per koe de stallen aanmerkelijk groter worden. Dit vergt een groter bouwblok. De kwaliteit van het gebouw en aankleding van het erf zijn dan belangrijk voor het verkrijgen van een vergunning. Zo zullen er zowel rond technische aspecten als regelgeving oplossingen gezocht moeten worden voor de (schijnbare) tegenstellingen.

Uiteindelijk gaat het erom conflicten te voorkomen en keuzes te maken die leiden tot een integraal duurzaam houderijsysteem.

8 Aanbevelingen

8.1 Leer- en experimenteromgeving opzetten

In figuur 1 is een overzicht gegeven van de verschillende projectfasen tot nu toe. Daar zit een duidelijke ontwikkeling in van formulering van doelen door het praktijknetwerk, (internationale) verkenning, modelstudies, experimenten in laboratorium en op proefbedrijven tot monitoring in de praktijk. Deze ontwikkeling zou in de komende jaren doorgezet moeten worden op twee manieren. Aan de ene kant is het goed om praktijkbedrijven die al begonnen zijn of in de komende jaren een vrijloopstal bouwen nauwgezet te volgen op verschillende duurzaamheidsaspecten. Dit kan uitmonden in een continu lerend en experimenterend netwerk van bedrijven.

Aan de andere kant zullen er steeds ontwikkelpunten opduiken om verder uit te zoeken. Dit vraagt om verdere verdieping door expertmeeting, literatuuronderzoek of detailonderzoek onder gecontroleerde omstandigheden in laboratorium of proefbedrijven.

De uitdaging is om deze twee richtingen te combineren in een leer- en ontwikkelcyclus (iteratief leerproces). De DEED-aanpak kan daarbij behulpzaam zijn. Dit vergt naast ontwikkelen van kennis op proef- en praktijkbedrijven ook veel kennisuitwisseling met diverse stakeholders (stalinrichters, welstandcommissies, composteringsdeskundigen) 'erfbetreders', overheden en melkveehouders.



Figuur 46 Schematische weergaven van Leer- en experimenterstrategie (DEED aanpak) toegepast op vrijloopstallen

8.2 Thema's voor vervolgonderzoek

Door het projectteam van WUR Livestock Research zijn onderzoeksvragen voor een vervolg geformuleerd, waarbij rekening is gehouden met vragen uit de praktijk.

Monitoren en evalueren duurzaamheid

De vrijloopstal verandert een heel bedrijfssysteem. Het raakt veel aspecten van de bedrijfsvoering en daardoor ook veel duurzaamheidsaspecten. Daarom is het belangrijk praktijkervaringen van een brede variatie aan typen stallen te monitoren op de volgende aspecten:

- Economie en arbeid
- Milieu: emissies, geur en fijn stof
- Bemesting en bodemvruchtbaarheid
- Welzijn en gezondheid
- Voedselveiligheid
- Landschap

Het is belangrijk de ervaringen en resultaten meerdere jaren te volgen omdat deze sterk kunnen variëren doordat de vrijloopstal nog in een ontwikkelingstraject zit.

Rondom dierenwelzijn en diergezondheid is het zinvol specifieke kwetsbare groepen dieren in vrijloopstal te vergelijken met ligboxenstal. Dat geldt ook voor weerstand van koeien. Voor koeien op bodems met veel warmteontwikkeling is het zinvol het voorkomen van hittestress te onderzoeken.

Milieu

Op (semi) praktijkschaal en labschaal kunnen verschillende experimenten gedaan worden:

- *Invloed van maatregelen op emissies*
 - Metingen op praktijklocaties met varianten in de tijd naar effecten van beluchten en bewerking van de bodem op emissie van ammoniak en broeikasgassen (kooldioxide, methaan en lachgas).
 - In een potten- of bakkenproef de effecten van urease remmers, zeolieten, pH-beïnvloeding op emissies uit de bodems nagaan.
 - Testen van divers bodemmateriaal. Te denken valt aan verschillende soorten zand en grind mengsels die urine infiltreren bij diverse niveaus van feces, toemaak en riet met combinaties van natuurmengsel, turf, veen of bagger, diverse mengsels in droogtunnels recycleren en emissie bepalen.
 - N-gat: Hoeveel stikstof gaat verloren in compost- en compostbodems? Naast NH₃ en N₂O ook denken aan het meten van N₂-emissies die niet schadelijk zijn voor het milieu maar wel ten koste gaan van de bemestende waarde.
 - Geur en fijn stof
- *Emissies buiten stal*
Emissies bepalen bij mestopslag en mestaanwending van diverse typen mest uit vrijloopstallen om inzicht in stikstofverlies in bedrijfsverband te vergroten.
- *Meetmethoden*
Vergelijking van (dynamische) boxmethode met stalmetingen in meerdere vrijloopstallen. Opties uitwerken voor snellere meetmethoden voor TAC RAV in verband met hoeveelheid stalvarianten.

Doorontwikkelen bedrijfsonderdelen of bedrijfssystemen

Op proef- en praktijkbedrijven verder ontwikkelen van:

- *Bedrijfsverband*
De relatie bodem/vloer – type mest/mestkwaliteit – bemesting/teelt – bodemvruchtbaarheid
- *Managementmaatregelen bodem, vloer en vee.*
 - Drogen van bedding in de stal (bijvoorbeeld blazen of zuigen van lucht) of in een droogtunnel in plaats van composteren in de stal
 - Energie uit bedding (warmte benutten)- mest verdelen over bedding
 - Belasting van mest verlagen door verwijderen van mestflatten
 - Reinigen kunstvloer
 - Combineren weidegang en composterende bodem
 - Methoden van absorberen, warmteontwikkeling en draineren ontwikkelen.
 - Scheiden van mest en urine en deze (dikke en dunne fractie) verder bewerken
 - Vrijloopstallen voor droge koeien en jongvee.
 - Ideale groepsgrootte in vrijloopstallen
 - Inrichting ruimtes in vrijloopstallen.
 - Mobiele voersystemen in vrijloopstallen zodat voerpad met loopgang overbodig wordt en relatie met diergezondheid
 - Ontwikkelen van familiekuddes in vrijloopstal
 - Afzonderen probleemkoeien
- Markt.
 - De ontwikkeling van vrijloopzuivel.

Kennisverspreiding. Leren en adviseren

- Economie (incl. arbeid) van de verschillende systemen
- Stalontwerpen bij verschillende typen vrijloopstal en oplossingen voor voeren, melken, afzonderingsruimtes, wel of geen harde vloer (dicht of roosters).
- Bovenbouw in relatie tot ventileren, landschap en prijs
- Ontwikkelen van handleidingen voor management verschillende type bodems
- Opzetten nationale en internationale kennisnetwerken
- Consultancy, begeleiden of klankborden met verschillende initiatieven en innovaties in de praktijk

Regelgeving

- Controleerbaarheid en handhaafbaarheid van milieu-, voedselveiligheids- en gezondheidsaspecten (zowel humaan als dier). Wat zijn de kritische succesfactoren voor een goede bodem of vloer en hoe is dit te controleren?
- Opname van de vrijloopstal in innovatie en investeringsregelingen (IDSH, MDV, VAMIL)
- Opname van de vrijloopstal in de bijlage bij de Regeling ammoniak en veehouderij, de Regeling geurhinder en veehouderij en het overzicht emissiefactoren fijn stof en veehouderij
- Voldoen aan toekomstige maximale emissiewaarden voor ammoniak
- Voldoen aan mestregelgeving (status eindproduct).

Literatuur

Dooren, H.J.C. van, P.J. Galama (2009) Internationale verkenning van ervaringen met vrijloopstallen, Rapport 244, Animal Sciences Group, Lelystad, 25 p.

Dooren, H.J.C. van, G. Biewenga, A.G. Evers, P.J. Galama (2009) Economische aspecten van de vrijloopstal. Kosten en baten in vergelijking met een ligboxenstal. Rapport 238, Animal Sciences Group, Lelystad, 21 p.

Dooren, H.J.C. van, K. Blanken, H. Gunnink (2008) Oriënterende meting van ammoniakemissie bij balansballen voor melkvee, Vertrouwelijk Rapport 139, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.

Dooren, H.J.C. van, K. Blanken, H. Gunnink, J. Huis in 't Veld (2009) Oriënterende meting van ammoniakemissie Holcim Sleufvloer type B, Vertrouwelijk Rapport 200, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.

Dooren, H.J.C. van, K. Blanken, H. Gunnink, J. Huis in 't Veld (2010) Oriënterende meting van ammoniakemissie Patent Comfort Vloer Swaans beton, Vertrouwelijk Rapport 201, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.

Driehuis, F., E. Lucas-van den Bos, M.H.J. Wells-Bennik (2010) Microbiële contaminanten in stalbodems van vrijloopstallen voor melkvee NIZO-rapport E 2010/248, Ede, 18 pp.

Coorevits, A., Logan, N.A., Dinsdale, A., Halket, G., Scheldeman, P., Heyndrickx, M., Schumann, P., Van Landschoot, A., De Vos, P. (2010) *Bacillus thermolactis* sp. nov., isolated from dairy farms and emended description of *Bacillus thermoamylovorans*. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, published online ahead of print as doi:10.1099/ijs.0.024240-0

Giller, K. E., C. Leeuwis, J. A. Andersson, W. Andriessse, A. Brouwer, P. Frost, P. Hebinck, I. Heitkönig, M. K. van Ittersum, N. Koning, R. Ruben, M. Slingerland, H. Udo, T. Veldkamp, C. van de Vijver, M. T. van Wijk, and P. Windmeijer. (2008) Competing claims on natural resources: what role for science?. *Ecology and Society*13(2): 34.

Hogan, J.S. en Smith, K.L. (1997) Bacteria counts in sawdust bedding. *Journal of Dairy Science* 80, 1600-1605.

Magnusson, M. (2007) *Bacillus cereus* in the housing environment of dairy cows -Contamination routes, effect of teat-cleaning, and measures to improve hygiene in the cubicles and alleys. PhD thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden.

McGuiggan, J.T.M., McCleery, D.R., Hannan, A., Gilmour, A. (2002) Aerobic spore-forming bacteria in bulk raw milk: factors influencing the numbers of psychrotrophic, mesophilic and thermophilic *Bacillus* spores. *International Journal of Dairy Technology*, 55, 100–107.

Mosquera, J., G.J. Kasper, K. Blanken, F. Dousma, A.J.A. Aarnink (2010) Ontwikkeling snelle meetmethode ter bepaling van ammoniakemissiereductie van vloergeboden maatregelen, Rapport 291, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, 16 pp.

Munoz, M.A., Ahlström, C., Rauch, B.J., Zadoks, R.N. (2006) Fecal shedding of *Klebsiella pneumoniae* by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 3425–3430.

Pedro, M.S., Hayashi, N.R., Mukai, T., Ishii, M., Yokota, A., Igarashi, Y. (1999) Physiological and chemotaxonomical studies on microflora within a composter operated at high temperature. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 88, 92-97.

Sawant, A.A., Pillai, S.R., Jayarao, B.M. (2002) Evaluation of five selective media for isolation of catalase-negative Gram-positive cocci from bulk tank milk. *Journal of Dairy Science* 85, 1127-1132.

Smits, M.C.J. en A.J.A. Aarnink (2009) Verdamping uit ligbodems voor vrijloopstallen: oriënterende modelberekeningen, Rapport 230, Animal Sciences Group, Lelystad, 13 p.

Smits, M.C.J., F. Dousma, G.C.C. Kupers, K. Blanken (2009) Oriënterend laboratoriumonderzoek naar ammoniakemissie uit bodempakketten voor vrijloopstallen, Rapport 231, Animal Sciences Group, Lelystad, 18 p.

Vissers, M.M.M., Driehuis, F., de Jong, P., te Giffel, M.C., Lankveld, J.M.G. (2006) Improving farm management by modelling the contamination of farm tank milk with butyric acid bacteria. *Journal of Dairy Science* 89, 850-858.

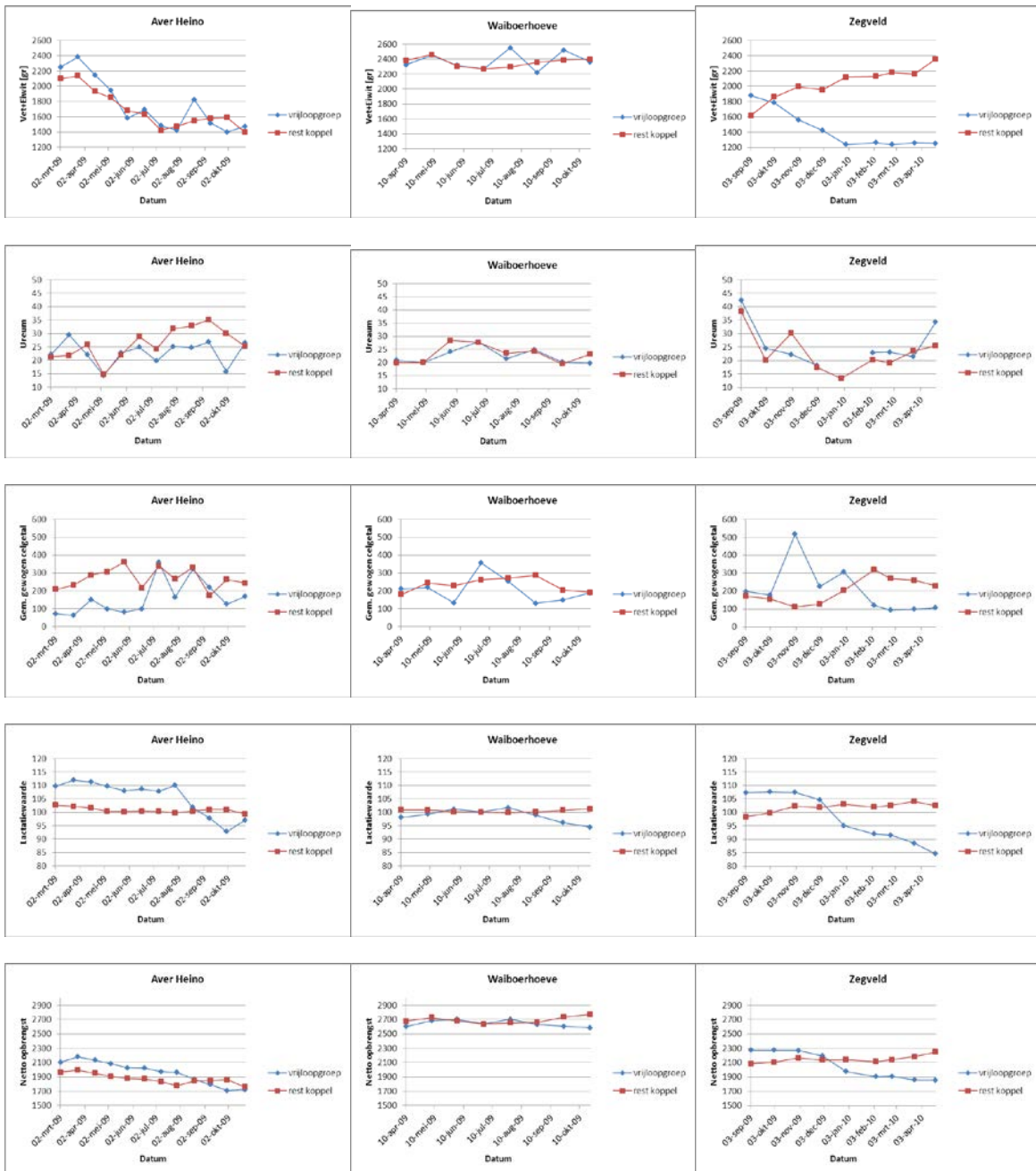
Vissers, M.M.M., te Giffel, M.C., Driehuis, F., de Jong, P., Lankveld, J.M.G. (2007) Minimizing the level of *Bacillus cereus* spores in farm tank milk. . *Journal of Dairy Science* 90, 3286-3293.

Vissers, M.M.M. en Driehuis, F. (2009) On-farm hygiene milk production. In: *Milk Processing and Quality Management* (Ed. A.Y. Tamime). Wiley-Blackwell, Chichester, UK, pp. 1-22.

Weaver, R.W., Entry, J.A., & Graves, A. (2005) Numbers of fecal streptococci and *Escherichia coli* in fresh and dry cattle, horse, and sheep manure. *Canadian Journal of Microbiology* 51, 847-851.

Bijlagen

Bijlage I Overzicht van het verloop van melkcontrolegegevens uit de drie vrijloop groepen en de rest van het betreffende proefbedrijf



Bijlage II Satellietexperiment: bepaling effect op de compostering van verschillende toevoegingen**Werkwijze**

In juli 2009 is ongeveer 3000 kg materiaal uit de vrijloopstalbodemplaat op de Waiboerhoeve verdeeld over zes bakken van circa 1 m³ (circa 500 kg per bak). Deze bakken waren opgesteld in het stalgedeelte direct grenzend aan de vrijloopstalbodemplaat (foto 6), zodat een vergelijkbaar klimaat in dit experiment werd verkregen als in het vrijloop-stalgedeelte.

Om het effect van cultiveren in de vrijloopstal te simuleren werd het materiaal in de bakken dagelijks met de hand (vork) omgezet.

Tabel 31 Behandelingen in het satellietexperiment

Variant	Toevoeging	Toegevoegde hoeveelheid (kg)	Omzetsfrequentie per dag
1	Geen	0	1
2	Geen	0	2
3	Dubbele laagdikte	378	2
4	GFT compost ¹	51	2
5	Vijzelpersmest ²	49	2
6	Voerresten ³	51	2

¹ GFT compost (landbouwcompost): zo vers mogelijk, maar zonder verontreiniging. Afkomstig van Orga World, Drachten.

² Vijzelpersmest: vaste fractie van vers (< 24 uur) gescheiden rundvee drijfmest afkomstig van Melkveehouderij Prinsen in Haarlo.

³ Verse voerresten (mais, kuil, stro) afkomstig van de Waiboerhoeve.

Na vulling hadden de bakken een laagdikte van 40 tot 50 cm; bij dubbele laagdikte circa 80 cm. De temperatuur in het pakket werd op een diepte van circa 20 cm van bovenaf gemeten met een temperatuurlans (foto 7) gemeten na één dag en vervolgens dagelijks tot veertien dagen na de start van het experiment.

De stabiliteit in monsters van de compost en het droge en organische stofgehalte (DS en OS) in die monsters werd bepaald bij opstart van de proef (t0), en na drie dagen zes dagen.

**Foto 6** De bakken, opgesteld naast de vrijloopstal op de Waiboerhoeve



Foto 7 Temperatuurlans geplaatst in een pakket

Oxitop methodiek voor bepaling zuurstofopnamesnelheid van compostmonsters

De oxitop bepalingen zijn steeds op de dag van aankomst van de compostmonsters direct ingezet. De monsters zijn gebruikt zoals ze zijn aangeleverd. De zuurstofopnamesnelheid van de compostmonsters is in enkelvoud bepaald in literflessen voorzien van een Oxitop meetsysteem (Veeken et al., 2003). De hoeveelheid compost die gebruikt is was 200 ml van het flesvolume. Dit komt neer op ongeveer 100 g monster per fles, alleen voor monster voerrest is hiervoor steeds 70 gram afgewogen.

Met het Oxitop meetsysteem is de afname van de druk in de flessen, die optrad als gevolg van zuurstofverbruik, in de tijd gemeten. Geproduceerd CO₂ werd weggevangen met behulp van natronkalk pellets. De flessen zijn weggezet bij 20°C en de testen eindigden zodra de zuurstofopnamesnelheid afnam. Indien nodig is tijdens de test de zuurstof in de fles bijgevuld door de fles enkele minuten te beluchten.

Voor de berekening van de respiratiesnelheid is de drukmeting in het Oxitop meetsysteem omgerekend naar de zuurstofhoeveelheid. Vervolgens is met vergelijking 1 de maximale respiratiesnelheid berekend.

$$\text{Respiratiesnelheid} = \{ [O_2]_{t_1} - [O_2]_{t_2} \} / [DS] (t_2 - t_1)$$

Waarbij: [O₂] = de zuurstofconcentratie (mg O₂/l) op tijdstip t (d)
[DS] = het droge stofgehalte in de reactor (g/g)

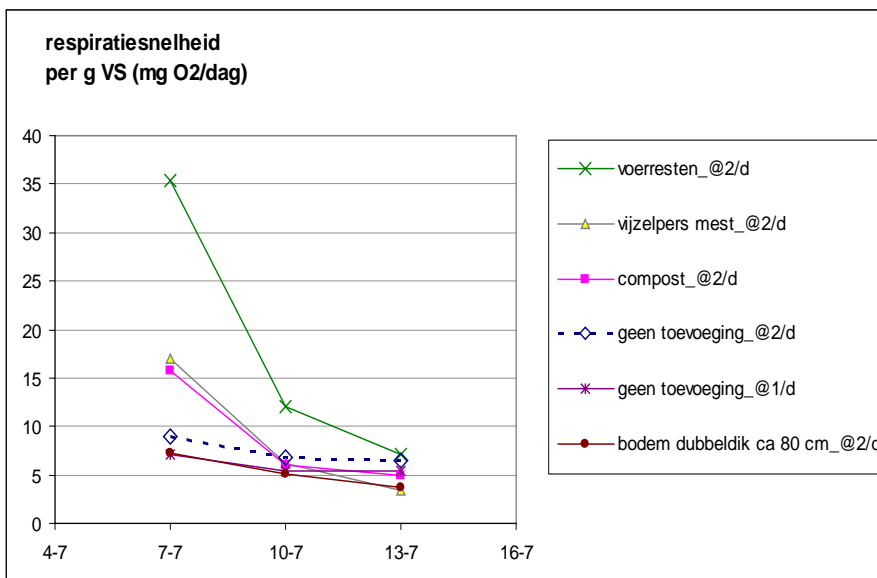
De respiratiesnelheid is berekend met zowel het DS gehalte als OS gehalte van het compost. Het tijdsinterval is steeds 0 – 0,5 dag.

Resultaten

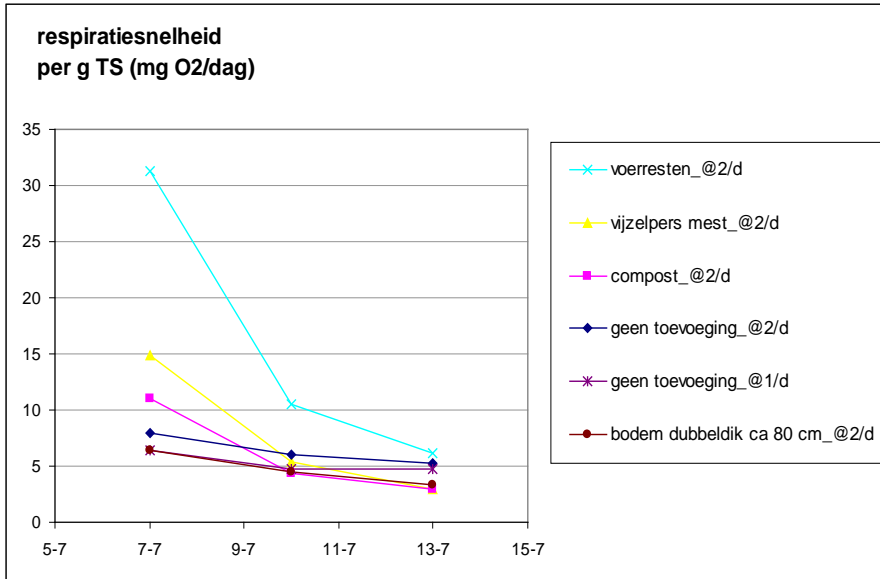
Na toevoeging van voerresten nam de temperatuur de eerste dagen het snelste toe (figuur 49). Daarna vlakke het effect van toevoegingen af. Toevoeging van compost of vijzelpersmest gaven ook een duidelijke toename van de temperatuur. Bij een dubbele laagdikte was het temperatuurverloop aanvankelijk vergelijkbaar met de normale laagdikte. Na een aantal dagen werd in het dubbeldikke pakket de hoogste temperatuur bereikt. De dikke laag lijkt te werken als een warme deken; in het dubbeldikke pakket kan uiteraard ook meer warmte gegenereerd worden (dubbele hoeveelheid energie). Bij één of twee keer bewerken was er geen duidelijk verschil in temperatuurverloop. Na een aanvankelijke stijging van de temperatuur vlakke het effect van de toevoegingen snel af en na zeven tot tien dagen daalt de temperatuur weer. Uit de oxitop testen blijkt dat de respiratiesnelheid na drie dagen al sterk is afgenomen en na zes dagen ongeveer weer tot een vergelijkbaar niveau als het monster zonder toevoeging bij start van de test is gedaald (figuur 47 en figuur 48). Zowel temperatuurverloop als oxitop niveaus duiden erop dat de snel afbreekbare organische stof in de toevoegingen vrij snel is uitgeput en dat een regelmatige aanvoer wellicht noodzakelijk is om een persistent effect te verkrijgen. Het drogestof gehalte neemt bij toepassing van een toevoeging toe. Zowel dag drie ten opzichte van de start van de metingen als dag zes ten opzichte van dag drie. De hogere temperatuur (extra warmteontwikkeling) lijkt dus gepaard te gaan met meer verdamping. Opgemerkt moet worden dat de proef werd uitgevoerd onder warme omstandigheden in de zomermaand juli. In figuur 50 is het verloop van de buitentemperatuur en windsnelheid en de staltemperatuur weergegeven.

Tabel 32 Droge stof (DS) en Organische stof (OS) gehalte van de compostmonsters.

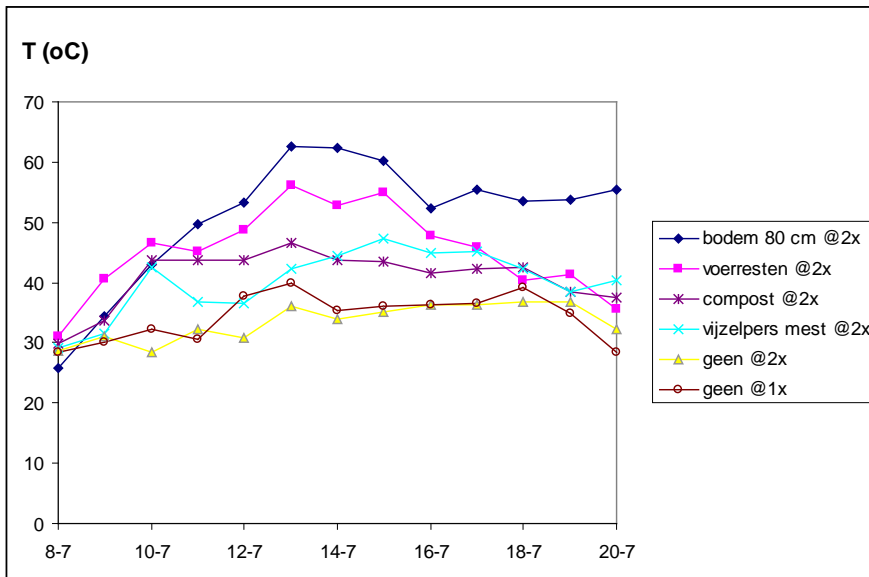
Variant	Toevoeging	Dag 0 (7/7)		Dag 3 (10/7)		Dag 6 (13/7)	
		DS (g/g)	OS (g/g)	DS (g/g)	OS (g/g)	DS (g/g)	OS (g/g)
1	Geen (1x omzetten)	0,31	0,27	0,31±0,00	0,27±0,00	0,32±0,01	0,28±0,01
2	Geen (2x omzetten)	0,29±0,05	0,26±0,05	0,30±0,01	0,27±0,01	0,32±0,00	0,26±0,00
3	Vijzelpersmest	0,29±0,02	0,26±0,02	0,31±0,01	0,28±0,01	0,32±0,00	0,28±0,00
4	GFT compost	0,38±0,05	0,27±0,06	0,39±0,01	0,27±0,00	0,43±0,03	0,25±0,02
5	Voerrest	0,32±0,17	0,29±0,15	0,33±0,00	0,29±0,00	0,36±0,00	0,31±0,00
6	Geen, 80 cm	0,30±0,01	0,26±0,01	0,31±0,01	0,27±0,01	0,32±0,01	0,28±0,01



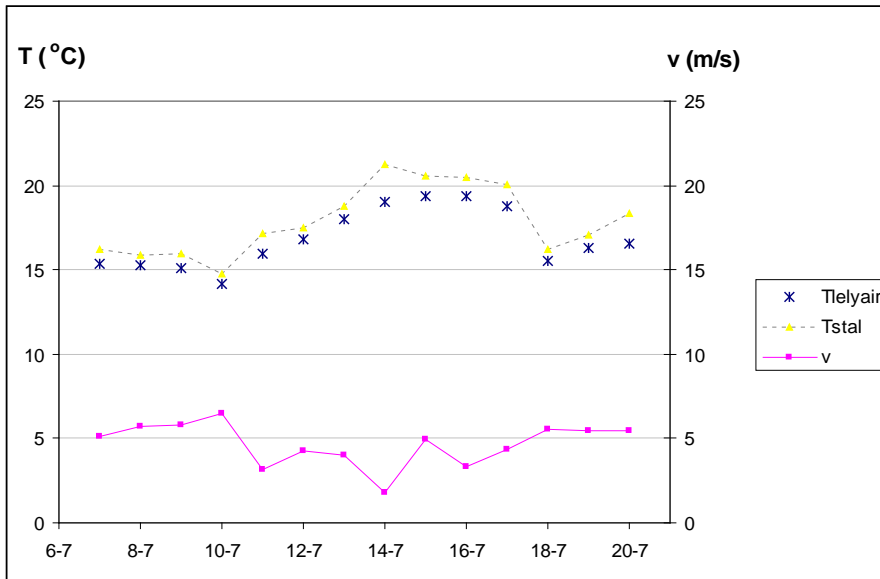
Figuur 47 Respiratiesnelheid in mg O₂ per dag per gram organische stof per monster.



Figuur 48 Respiratiesnelheid in mg O₂ per dag per gram droge stof per monster.

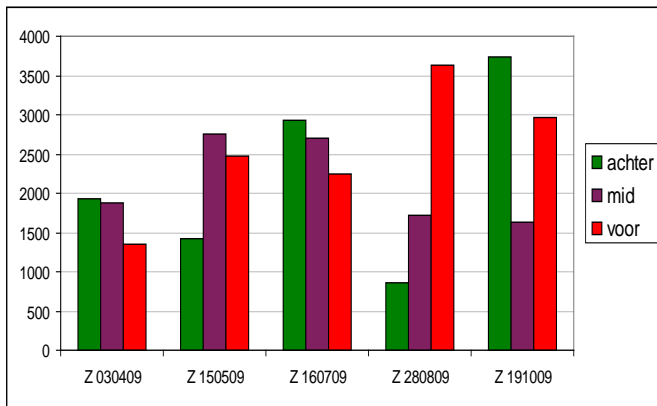


Figuur 49 Het temperatuurverloop per variant tijdens de proef op een diepte van 20 cm in het pakket (in de bak)

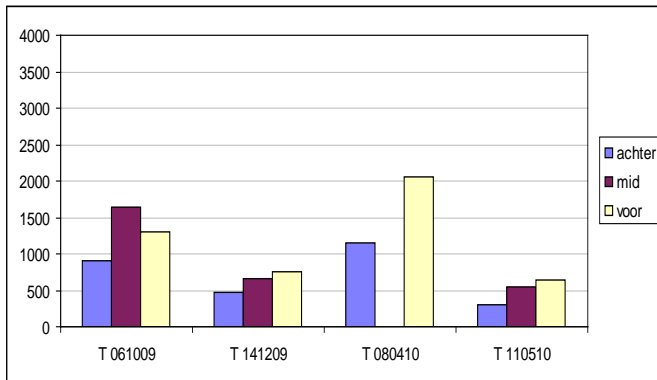


Figuur 50 Verloop van staltemperatuur (T stal), buitentemperatuur (T lelyair) en windsnelheid. (Buitentemperatuur en windsnelheid van KNMI meetstation vliegveld Lelystad)

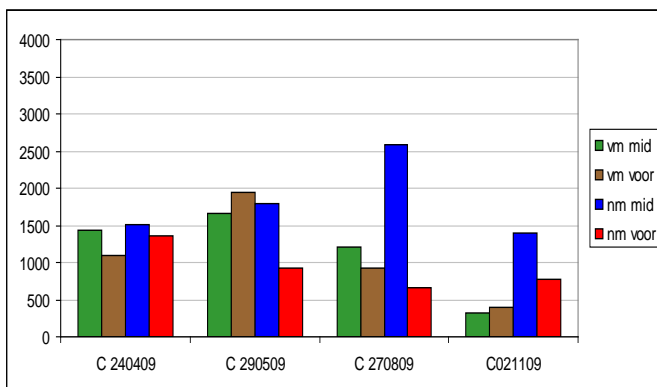
Bijlage III Ammoniakemissie per afzonderlijke meting



Figuur 51 Ammoniakemissie (mg/h) van de zandbodem per afzonderlijke meting. Uitgedrukt voor de hele meetbox (5,5 m²).



Figuur 52 Ammoniakemissie (mg/h) toemaakbodem per afzonderlijke meting. Uitgedrukt voor de hele meetbox (5,5 m²).



Figuur 53 Ammoniakemissie (mg/h) compostbodem per afzonderlijke meting. Uitgedrukt voor de hele meetbox (5,5 m²).

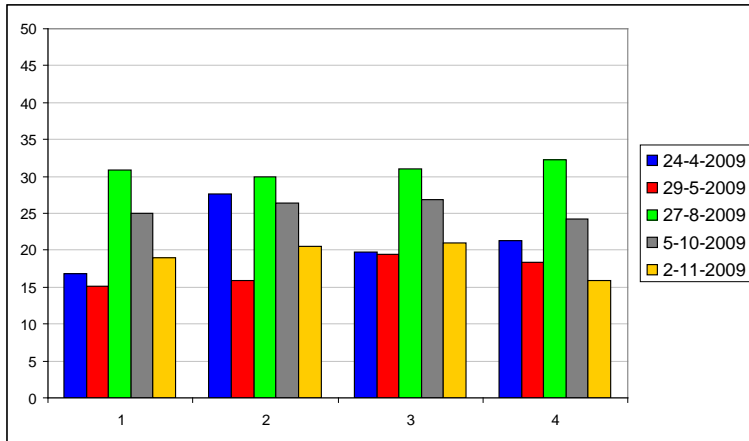
Bijlage IV Ammoniakemissies gemeten met dezelfde meetbox in een stal met mestkelder en roostervloer

Verwijzing	mg NH ₃ .m ⁻² .h ⁻¹	m ³ .h ⁻¹	T (°C)	Kelderopp. correctie	T range
van Dooren <i>et al</i> , 2010	1272	888	15	nee	9,2-13,6
van Dooren <i>et al</i> , 2010	1126	888	15	ja	9,2-13,6
van Dooren <i>et al</i> , 2009	2438*	861	15	ja	12-21
van Dooren <i>et al</i> , 2009	1239	889	15	nee	

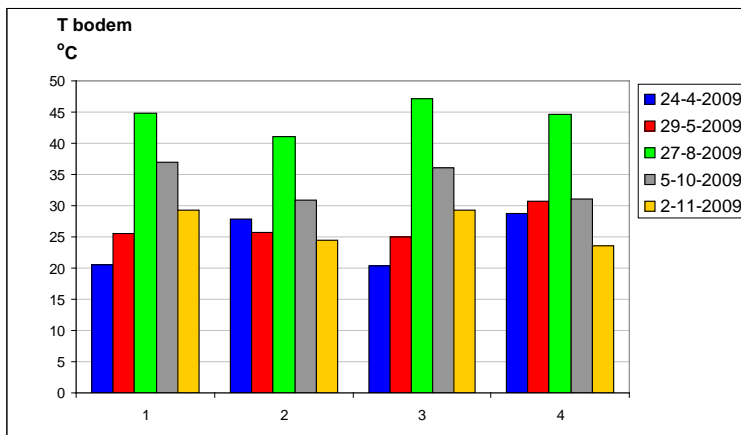
* De opvallend hoge waarde van 2438 mg NH₃ m⁻² h⁻¹ hing samen met aanzuiging van opgehoopte ammoniak in de aangrenzende mestkelder die aan de bovenzijde afgesloten was.

Ter vergelijking: een emissie van 11 kg ammoniak per dier per jaar komt bij 4 m² roostervloer overeen met 314 mg NH₃m⁻² h⁻¹

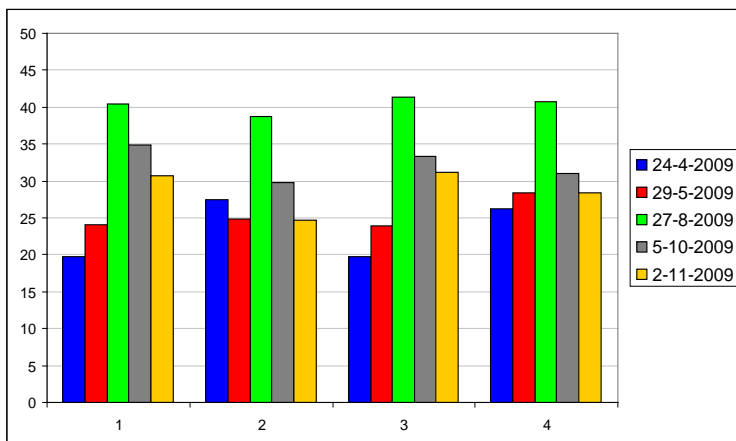
Bijlage V Overzicht temperatuurverloop compostbodem



Figuur 54 Composttemperatuur aan het oppervlak per meetbox positie en datum



Figuur 55 Composttemperatuur op een diepte van 0,2 m per meetbox positie en datum



Figuur 56 Composttemperatuur op een diepte van 0,4 m (of aan de onderzijde van het pakket als de dikte minder is dan 0,4 m) per meetbox positie en datum

Bijlage VI Nitraat en nitrietgehalten in de lavalietlaag en de zandlaag van de zandbodem

Datum	Lavaliet		Zand	
	Nitriet-N (g.kg)	Nitraat-N (g/kg)	Nitriet-N (g.kg)	Nitraat-N (g/kg)
03 april	0,081	< 0,005	< 0,005	0,220
15 mei	0,005	0,007	< 0,005	0,158
16 juli	0,005	0,009	0,047	0,058
28 augustus	< 0,005	< 0,005	0,153	0,060
28 augustus	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,136
28 augustus	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,038
19 oktober	< 0,005	0,216	< 0,005	0,015
19 oktober	0,082	0,080	< 0,005	0,088
19 oktober	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,132

Bepalingen volgens WI 4.25-120

Bijlage VII Gehalten aan stikstof, fosfor, kalium, drogestof en anorganische stof in fecesmonsters per meetsessie.

Meetsessie	Totaal-N g/kg	Totaal-P g/kg	Totaal-K g/kg	Droge stof g/kg	Ruw as g/kg	OS g/kg	C g/kg
Zand							
3 april 2009	4,25	0,820	1,15	109	21,9	88	49
15 mei 2009	3,32	0,745	1,50	102	21,8	80	45
16 juli 2009	3,68	0,649	1,59	115	19,0	96	54
28 augustus 2009	3,95	0,939	1,83	116	20,9	95	53
19 oktober 2009	3,21	0,678	1,28	96	17,3	79	44
Gemiddeld	3,68	0,77	1,47	108	20,2	88	49
Compost							
24 april 2009	4,65	0,954	0,94	119	19,9	99	55
29 mei 2009	4,37	1,05	1,08	104	16,9	87	49
27 augustus 2009	4,21	1,04	0,928	113	17,8	95	53
5 oktober 2009	4,49	0,964	0,85	115	18,2	97	54
2 november 2009	3,94	0,804	0,89	102	16,9	85	48
Gemiddeld	4,33	0,96	0,94	111	17,9	93	52
Toemaak							
6 oktober 2009	4,85	1,14	1,34	111	14,8	96	54
20 november 2009	4,51	1,00	1,25	102	12,7	89	50
14 december 2009	5,52	1,21	1,36	131	16,6	114	64
08 april 2010	3,96	0,78		111	15,1	96	54
11 mei 2010	3,28	0,77		92,8	11,9	81	45
Gemiddeld	4,42	0,98	1,32	110	14,2	95	53

Bijlage VIII Overzicht van gehalten aan totaalstikstof, drogestof en ruw as in urinemonsters per bodem en monsternamen en datum.

Datum	Totaal-N g/kg	Droge stof g/kg	Ruw as g/kg
Zand			
3 april 2009	5,39	44,8	30,4
15 mei 2009	5,23	46,7	33,3
16 juli 2009	5,06	47,8	31,1
28 augustus 2009	6,82	50,3	29,0
19 oktober 2009	5,79	46,7	29,6
Gemiddeld	5,70	47,3	30,7
Compost			
24 april 2009	6,25	46,4	32,0
29 mei 2009	4,64	39,9	26,8
27 augustus 2009	5,90	41,3	24,8
5 oktober 2009	6,70	45,7	27,7
2 november 2009	6,93	39,9	24,4
Gemiddeld	6,08	42,6	27,1
Toemaak			
6 oktober 2009	6,28	41,9	29,6
20 november 2009	5,96	46,4	31,3
14 december 2009	6,97	45,5	31,0
8 april 2010	5,44	37,7	34,1
11 mei 2010	6,09	52,2	38,0
Gemiddeld	6,15	44,7	32,8

Bijlage IX Overzicht geïdentificeerde sporenvormers

Groep / Species	Aantal isolaten
Thermofiele aerobe sporenvormers	116
Niet geïdentificeerd	31
Geïdentificeerd	85
<i>Bacillus licheniformis</i>	38
<i>Bacillus smithii</i>	27
<i>Breviba cillusthermoruber</i>	13
<i>Bacillus aestuarii</i>	3
<i>Bacillus subtilis</i>	1
<i>Bacillus pumilus</i>	1
<i>Geobacillus thermodenitrificans</i>	1
<i>Geobacillus pallidus</i>	1
Mesofieleaërobe sporenvormers	125
Niet geïdentificeerd	28
Geïdentificeerd	97
<i>Bacillus licheniformis</i>	77
<i>Bacillus pumilus</i>	10
<i>Bacillus subtilis</i>	5
<i>Bacillus smithii</i>	3
<i>Bacillus simplex</i>	1
<i>Bacillus cereus/thuringiensis/mycoides</i>	1
Psychrotrofeaërobe sporenvormers	121
Niet geïdentificeerd	22
Geïdentificeerd	99
<i>Paenibacillusxylanexedens</i>	51
<i>Bacillus cereus/thuringiensis/mycoides</i>	15
<i>Bacillus psychrodurans</i>	11
<i>Paenibacillus</i> sp. Ikaite	5
<i>Sporosarcinapsychrophila</i>	5
(synoniemvoor <i>Bacillus psychrophilum</i>)	
<i>Paenibacillus barcinonensis</i>	4
<i>Bacillus simplex</i>	3
<i>Paenibacillus odorifer/graminis</i>	3
<i>Paenibacillu</i> ssp.	2

Bijlage X Overzicht communicatieactiviteiten in het kader van inspiratie en verdieping, ontwerpen en implementatie in de praktijk

Jaar	Met en voor wie	Aantal	Toelichting activiteit
2007	Onderzoekers	2	Bezoek congres Minnesota (USA) over Compost Dairy Barns (lezingen en bedrijfsbezoeken)
2007	Boeren in netwerk strategisch bouwen	25	Diverse bijeenkomsten over vernieuwend huisvesten melkvee
2007	Workshop PZ	20	Onderwerp vrijloopstal op onderzoekagenda PZ
2008	Voor PZ	1	Haalbaarheidstudie over verdamping
2008	Onderzoekers, boeren, journalist	7	Reis door Israël: bezoeken bedrijven, onderzoek, bedrijfsleven
2008	Lezers vakbladen		Diverse artikelen over ervaringen buitenland en haalbaarheidstudie
2008	Boeren in netwerk strategisch bouwen	25	Diverse bijeenkomsten over vrijloopstallen melkvee
2008/09	Welzijnsexperts, boeren, onderzoekers	10	Project Cowfortable i.s.m. Courage en TransForum
2009	Voor PZ en LNV		Experimenten op drie proefbedrijven
2009	Boeren die willen investeren	25	Diverse inleidingen en bespreken ontwerpen stallen
2009	Lezers vakbladen		Diverse artikelen over ervaringen proefbedrijven
2009	Bezoekers 1e vrijloopstal NL	1300	Symposium en open dag in september 2009 bij Peeters
2010	Bezoekers 2e vrijloopstal NL		Diverse excursies bij Wiersma (stal vanaf december 2009)
2010	Bezoekers 3e vrijloopstal NL		Diverse excursies bij Havermans (stal vanaf juni 2010)
2010	Belangstellenden vrijloopstallen		Diverse filmpjes van vrijloopstallen op verschillende websites
2010	Vrijloopstal met zandbodem		Experiment van boer in bestaande gebouwen vanaf oktober 2010
2010	Vrijloopstal met compostbodem		Artikel in oogst (4e stal met organische bodem)
2010	Boeren die gaan bouwen	20	Schatting aantal bouwaanvragen vrijloopstal

Bijlage XI Overzicht communicatieactiviteiten in het kader van kennisverspreiding en het ontwerpen van vrijloopstallen voor specifieke groepen.

Datum	Met en voor wie	Aantal	Toelichting activiteit
3-2-'09	Melkveehouder	4	Gesprek met composteeringsbedrijf en Peeters
6-2-'09	Lezers Leeuwarder courant		Interview voor artikel Leeuwarder courant
16-2-'09	Melkveehouder en bedrijfsleven	5	Bespreken opzet beluchtingsysteem Wiersma
18-2-'09	Belangstellenden stallenbouw	50	Inleiding op bijeenkomst architectuur gebouwen
23-2-'09	Melkveehouder	2	Gesprek met melkveehouder die vrijloopstal wil bouwen
3-3-'09	Nederlandse Vereniging Techniek in de Landbouw	60	Inleiding op workshop van NVTL
12-3-'09	Melkveeacademie en onderwijs	200	Inleiding en discussie met studenten
20-3-'09	Melkveeacademie	8	Werkplaats over stalontwerpen
28-4-'09	Boeren die willen investeren	25	Diverse inleidingen, excursie en bespreken ontwerpen stallen
4-6-'09	Chineze boeren en onderzoekers	70	Inleiding tijdens congres van Global Dairy Farmers met chinezen
25-6-'09	Voorlichters mengvoerindustrie	50	Inleiding en excursie
30-6-'09	Melkveehouders	6	Overleg opzet netwerk vrijloopstallen
4-9-'09	Melkveehouders, adviseurs, beleid	200	Inleiding symposium 1e vrijloopstal bij Peeters
10-9-'09	Stichting Oversticht, melkveehouders	15	Inleiding en discussie over welstand
16-9-'09	Dairy Valley	15	Workshop over duurzaamheid vrijloopstallen
25-9-'09	Lezers NRC		Interview voor artikel in NRC wetenschapspagina
25-9-'09	Melkveehouders, adviseurs, beleid	300	Demonstratie toemaakbodem in foliekas op open dag Zegveld
5-10-'09	Lezers Wageningen update		Interview voor artikel in Wageningen update
5-11-'09	Lezers V-focus		Interview voor artikel in V-focus
13-11-'09	Melkveehouder en LLTB	6	Bespreken perspectief vrijloopstal
2-12-'09	Melkveehouders	90	Inleiding Studieclub Morgen
8-12-'09	Melkveehouders	60	Inleiding agrarische jongeren Noord Holland

11-1-'10	Composteringsbedrijven	3	Gesprek met composteringsbedrijven
18-1-'10	Lezers Oogst		Interview voor artikelen in Oogst
21-1-'10	Onderwijs	60	Inleiding en discussie over vrijloopstallen
22-1-'10	leverancier foliekassen, melkveehouder	3	Bespreken perspectief foliekas als bovenbouw voor vrijloopstal
2-2-'10	Leverancier compost en beluchting	2	Bespreken perspectief beluchten bodem
3-2-'10	Melkveehouders	25	Inleiding groep Zeewolde
10-2-'10	Lezers melkveemagazine		Interview voor melkveemagazine
26-2-'10	Financiers	4	Gesprek over vervolg vrijloponderzoek
2-3-'10	Melkveehouders Duitsland	40	Inleiding en excursie
8-3-'10	Burgers		Interview en video opnames wereldomroep
10-3-'10	Melkveehouders	15	Inleiding en discussie agrarische jongeren Overijssel
25-3-'10	Melkveehouders	40	Melkveeacademie, workshop bij Wiersma
30-3-'10	Onderwijs	40	Inleiding en discussie met studenten
31-3-'10	Melkveehouders	40	Melkvee café met melkveeacademie, workshop bij Peeters
15-4-'10	Voorlichters stalinrichting	50	Inleiding en discussie voor stalinrichters
14-6-'10	Melkveehouders	10	Workshop met melkveeacademie in Rijpskerk
19-8-'10	Melkveehouders, adviseurs, onderzoek	20	Inleiding, discussie en excursie over samenwerking
10-9-'10	Melkveehouders	15	Discussie en excursie met melkveehouders in netwerk
20-9-'10	Melkveehouders, bedrijfsleven internat.	25	Inleiding en discussie met Global Dairy Famers
4-10-'10	Onderwijs	35	Gastles bij van Hall over innovatieve huisvesting
8-10-'10	Veengenootschap	5	Discussie en excursie over perspectief veenmateriaal als bodem
12-10-'10	Melkveehouders	45	Inleiding en excursie Studieclub Morgen
15-10-'10	Beleidsmedewerkers LNV, afvalverwerkers	5	Overleg over risico's compost met dierlijke bijproducten voor BSE



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl