

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 740

Vrijloopstal Wiersma

Juni 2012



**LIVESTOCK RESEARCH**  
**WAGENINGEN UR**



## Colofon

### Uitgever

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.livestockresearch@wur.nl](mailto: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

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen hiervan te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

### 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).



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

This report describes investigations regarding animal health and welfare, emission of greenhouse gasses, labour and economy, human food safety and soil fertility on a commercial farm with an experimental bedded pack barn. The bedding consisted of a layer of composting wood chips and was aerated actively and cultivated daily.

## Keywords

Bedded pack, sustainability

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

## Auteur(s)

Paul Galama, Henrik Jan van Dooren, Herman de Boer, Wijbrand Ouweltjes, Gidi Smolders, Klaas Blanken en Judith Poelarends.

## Titel

Vrijloopstal Wiersma

## Rapport 740

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft onderzoek naar diergezondheid en welzijn, emissie van broeikasgassen, arbeid en economie, voedselveiligheid en bodemvruchtbaarheid op een praktijkbedrijf met een experimentele vrijloopstal. Het ligbed bestond uit een laag composterende houtsnippers die actief werden belucht en waarvan de toplaag dagelijks werd gefreesd.

## Trefwoorden

Vrijloopstal, duurzaamheid

Rapport 740

## Vrijloopstal Wiersma

Paul Galama

Hendrik Jan van Dooren

Herman de Boer

Wijbrand Ouweltjes

Gidi Smolders

Klaas Blanken

Judith Poelarends

Juni 2012



## **Voorwoord**

Het project 'Vrijloopstal Wiersma' is door Wageningen UR Livestock Research uitgevoerd in opdracht van VOF Ottema- Wiersma.

De vrijloopstal op dit bedrijf is bijzonder en heeft een belangrijke rol gespeeld in de ontwikkeling van vrijloopstallen in Nederland. In 2007 is het idee van vrijloopstallen ontstaan samen met een groep melkveehouders die toen deelnamen in een netwerk strategisch bouwen. In dat netwerk heeft ook Meindert Wiersma enkele bijeenkomsten bijgewoond en is met informatie uit Amerika (Minnesota) aan de slag gegaan. Dit resulteerde eind 2009 in een vrijloopstal met een beluchtingsysteem. Door deze beluchting kon het composteringsproces van het bodemmateriaal van houtsnippers beïnvloed worden. Hiermee heeft de melkveehouder een 'knop' in handen waarmee hij kan sturen.

Wij willen Meindert Wiersma bedanken voor zijn doordachte visie op de vrijloopstal, het meewerken aan het onderzoek en het (internationaal) uitdragen van zijn kennis en ervaringen.

Namens het projectteam vrijloopstallen.

Paul Galama  
Projectleider Vrijloopstal Wiersma



## Samenvatting

De vrijloopstal van bedrijf Wiersma heeft vanaf de realisatie in december 2009 een belangrijke rol gespeeld in de ontwikkeling van vrijloopstallen. De bodem bestaat uit houtmateriaal dat door beluchting vanuit de onderlaag en het dagelijks frezen van de toplaag samen met de mest van koeien gecomposteerd wordt. Door de koeien veel ruimte te geven zonder ligboxen en door het produceren van andere mest wat meer op compost lijkt verandert er veel in de bedrijfsvoering. De volgende duurzaamheidsaspecten zijn onderzocht:

- **Dierenwelzijn en gezondheid**  
De hoge bodemtemperatuur door compostering zorgt voor een goede droging van de toplaag. Deze hoge bodemtemperatuur zorgt niet voor hittestress bij de koeien. Het welzijn van de koeien is bovengemiddeld.
- **Milieu en klimaat**  
De emissies zijn beoordeeld in bedrijfsverband door intensieve metingen in de stal en inschattingen tijdens opslag en aanwending. Het N-verlies in de stal van de vrijloopbodem blijft beperkt tot 17%. Op de roostervloer is deze 10,3%. De stikstof gaat verloren in de vorm van N<sub>2</sub> (stikstof), NH<sub>3</sub> (ammoniak) of N<sub>2</sub>O (Lachgas). De ammoniakemissie van de vrijloopstal is ca. ...% ten opzichte van de emissie vanaf de roosters. De emissie van lachgas is hoger ten opzichte van roostervloer in ligboxenstal. Op basis van bekende gegevens zijn de emissies tijdens opslag van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> (Methaan) verwaarloosbaar. Bij bovengronds aanwending van het 'compostmateriaal' op het land ten opzichte van aanwenden op gras- of bouwland zijn deze emissies lager, zelfs verwaarloosbaar.
- **Economie en arbeid**  
De stal van Wiersma is onderbezet door de productiestijging per koe. De dieren hebben daardoor veel m<sup>2</sup>. Bij deze onderbezetting zijn de jaarlijkse kosten hoger dan van een ligboxenstal met een diepstrooiselsysteem. Bij volledige bezetting zijn de kosten vergelijkbaar. Echter wanneer rekening wordt gehouden met het voordeel van een langere levensduur en geen mestafzetkosten voor intensieve bedrijven zijn de jaarlijkse kosten lager.
- **Voedselkwaliteit**  
De bodem in de vrijloopstal is onderzocht op schadelijke of ongewenste micro-organismen waaronder bacteriesporen die van belang zijn in de verwerking van melk en de mastitisveroorzakende bacteriën Klebsiella en E. Coli. Er is geen verhoogd risico voor mastitisveroorzakende bacteriën gevonden, maar wel van thermofiele sporenvormers. Het is nog onduidelijk of meer sporenvormers leidt tot economische schade of verminderde kwaliteit van eindproducten
- **Bodemvruchtbaarheid**  
Het bodemmateriaal dat bestaat uit gecomposteerde houtsnippers en mest gedraagt zich als compost. Dat betekent dat de beschikbaarheid van N voor gewasopname van dit materiaal lager is dan van drijfmest. De C in drijfmest breekt sneller af als de C uit dit bodemmateriaal. Dit bodemmateriaal levert daarom bij eenzelfde C-gift een sterkere bijdrage aan de opbouw van bodemorganische stof en bodemvruchtbaarheid dan drijfmest.
- **Communicatie**  
De vrijloopstal van Wiersma is bij velen bekend in Nederland en het buitenland via excursies, inleidingen, artikelen in pers en contacten met onderwijs. Een filmpje van de vrijloopstal op YouTube is meer dan 11000 keer bekeken. Dit geeft aan dat er veel belangstelling is. Ook is Wiersma een belangrijke inspiratie geweest voor andere bedrijven in Nederland en buitenland die een vrijloopstal hebben gebouwd, vooral voor degenen die kiezen voor actieve beluchting door blazen.





# Inhoudsopgave

## Voorwoord

## Samenvatting

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
1.1	Doelstelling .....	1
1.2	Leeswijzer .....	1
<b>2</b>	<b>Opbouw en management bodem .....</b>	<b>2</b>
2.1	Inleiding .....	2
2.2	Opbouw bodem .....	2
2.3	Management bodem .....	2
2.4	Aanpassingen beluchting bodem .....	3
2.5	Management bodem tijdens koude omstandigheden .....	3
2.6	Berekening energiebehoefte verdampen van water .....	4
2.7	Conclusies .....	4
<b>3</b>	<b>Diergezondheid en -welzijn .....</b>	<b>6</b>
3.1	Inleiding .....	6
3.2	Literatuur vrijloopstallen en diergezondheid & welzijn .....	6
3.3	Stalklimaat in relatie tot buitenklimaat .....	7
3.4	Bodemtemperaturen in het ligbed .....	8
3.5	Aanwijzingen voor hittestress? .....	9
3.6	Ademhalingsfrequentie .....	10
3.7	Huidtemperatuur en liggedrag .....	10
3.8	Verloop tankmelk celgetal .....	12
3.9	Welzijnsbeoordeling volgens methodiek Welfare Quality .....	13
3.10	Afvoer van melkvee .....	15
3.11	Conclusies .....	17
<b>4</b>	<b>Stikstof- en vochtbalans bodem .....</b>	<b>18</b>
4.1	Inleiding .....	18
4.2	Balansen vrijloopstal Wiersma .....	18
4.2.1	Inleiding .....	18
4.2.2	Methodiek en resultaten .....	19
4.3	Discussie .....	22
4.4	Conclusies .....	23
<b>5</b>	<b>Emissiemetingen bodem met een fluxkamer .....</b>	<b>24</b>
5.1	Inleiding .....	24
5.2	Methode .....	24
5.3	Resultaten en discussie .....	24
5.3.1	Samenstelling bodem .....	25
5.3.2	Bodemtemperatuur en zuurstofgehalte .....	27
5.3.3	Ammoniak .....	28
5.3.4	Broeikasgassen .....	30
5.4	Vergelijking met andere vrijloopstallen .....	34
5.5	Conclusies .....	34

<b>6</b>	<b>Emissie van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> tijdens opslag en aanwending van vrijloop-compost .....</b>	<b>35</b>
6.1	Inleiding .....	35
6.2	Resultaten .....	35
6.2.1	Emissie van NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O en CH <sub>4</sub> bij opslag van compost .....	35
6.2.2	Emissie van N <sub>2</sub> O na aanwending van compost .....	36
6.2.3	Emissie van NH <sub>3</sub> na aanwending van compost .....	36
6.2.4	Emissie van CH <sub>4</sub> na aanwending van compost .....	36
6.3	Conclusies .....	37
<b>7</b>	<b>Economie en arbeid .....</b>	<b>38</b>
7.1	Inleiding .....	38
7.2	Uitgangspunten .....	38
7.3	Resultaten .....	38
7.4	Gevoeligheid .....	40
7.4.1	Kosten mestafzet .....	40
7.4.2	Prijs bovenbouw .....	40
7.4.3	Langere levensduur .....	40
7.5	Conclusies .....	40
<b>8</b>	<b>Voedselkwaliteit .....</b>	<b>41</b>
8.1	Inleiding .....	41
8.2	Aanpak .....	41
8.3	Conclusies .....	41
<b>9</b>	<b>Bemestende waarde van vrijloopcompost .....</b>	<b>42</b>
9.1	Inleiding .....	42
9.2	Materiaal en methoden .....	42
9.2.1	Bemonstering en analyse van de vrijloopcomposten .....	42
9.2.2	Bepaling van de snelheid van C-afbraak .....	43
9.2.3	Bepaling van de snelheid van N-mineralisatie .....	44
9.3	Resultaten .....	44
9.3.1	Analyseresultaten bemonstering .....	44
9.3.2	Snelheid van C-afbraak .....	45
9.3.3	Snelheid van N-mineralisatie .....	46
9.4	Discussie .....	47
9.5	Conclusies .....	48
<b>10</b>	<b>Communicatie .....</b>	<b>49</b>
10.1	Impact in de praktijk .....	49
10.2	Vragen uit de praktijk .....	49
10.3	Open innovatieproces .....	49
10.4	Unieke en gewaardeerde kennis is breed verspreid .....	50
<b>11</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>51</b>
	<b>Literatuur .....</b>	<b>54</b>
	<b>Bijlagen .....</b>	<b>56</b>

## 1 Inleiding

De vrijloopstal is een stal zonder ligboxen, waarbij de lig- en loopruimte gecombineerd zijn. De bodem van deze lig- en loopruimte kan uit verschillend materiaal bestaan. De vrijloopstal van bedrijf Wiersma kenmerkt zich door een specifieke bodem. Het bodemmateriaal bestaat uit 50 cm houtsnippers, die samen met de mest van de koeien gecomposteerd. De compostering wordt gestimuleerd door een beluchtingssysteem via de onderlaag en het dagelijks frezen van de toplaag. Dit frezen heeft tevens als doel de mest met de houtsnippers te mengen. Dit type stal heeft naar verwachting gevolgen voor veel aspecten van de bedrijfsvoering, met name omdat de dieren veel meer ruimte krijgen en er andere mest wordt geproduceerd. Weinig is echter bekend over de omvang van die veranderingen. De meest voor de hand liggende aspecten zijn de gevolgen voor dierenwelzijn, milieu en economie.

### 1.1 Doelstelling

Het doel is onderzoeken van een composteringsbodem in een vrijloopstal op het gebied van dierenwelzijn, diergezondheid, emissies, bodemvruchtbaarheid, economie, arbeid en voedselkwaliteit.

### 1.2 Leeswijzer

In de volgende hoofdstukken zijn de verschillende duurzaamheidsaspecten uitgewerkt:

- Opbouw en management van de bodem (hoofdstuk 2)
- Dierenwelzijn en gezondheid (hoofdstuk 3)
- Stikstof- en vochtbalans (hoofdstuk 4)
- Milieu en klimaat (hoofdstuk 5 en 6)
- Economie en arbeid (hoofdstuk 7)
- Voedselkwaliteit (hoofdstuk 8)
- Bodemvruchtbaarheid (hoofdstuk 9)
- Communicatie (hoofdstuk 10)

## 2 Opbouw en management bodem

### 2.1 Inleiding

De vrijloopstal van Wiersma is december 2009 in gebruik genomen. De bodem bestaat uit een 'pot' van 50 cm diep met houtsnippers. Deze houtsnippers en de mest die de koeien dagelijks aanbrengen wordt met een beluchtingssysteem gecomposteerd. Door de warmteontwikkeling tijdens compostering verdampt er veel vocht waardoor de toplaag droog blijft. De toplaag wordt iedere dag gefreesd om de mest te mengen met het bodemmateriaal en de bodem luchtig te houden. Dit is het principe van de composteringsbodem op bedrijf Wiersma. De stal, het beluchtingssysteem en de wijzigingen van het bodemmanagement worden toegelicht. De koude weken in de winter vergen extra aanpassingen. Ook is uitgerekend hoeveel energie aanwezig vanuit de houtsnippers en hoeveel hiervan nodig is om alle vocht te laten verdampen die de koeien dagelijks aan de bodem toevoegen.

### 2.2 Opbouw bodem

De stal is aan drie kanten open en is 39,5 meter breed en 66,5 meter lang. De composteringsbak is 22x51,5 meter groot en 50 cm diep. De 60 droge en melkgevende dieren hebben circa 15 m<sup>2</sup> ligbed tot hun beschikking. Er is ruimte voor 100 koeien. Bij een volle bezetting is dan sprake van ca. 11 m<sup>2</sup> per koe. Tussen de 13 cm dikke, 2 meter lange en brede betonplaten, die de bodem van de stal vormen, liggen geperforeerde polyethyleen buizen met een diameter van 20 cm. De bovenkanten van de buizen liggen 2 cm lager dan de betonplaten. Achteraan de stal zijn de buizen met elkaar verbonden. Een ventilator brengt door de gaten in de buizen lucht in het ligbed.

### 2.3 Management bodem

De eerste maanden na de in gebruik name in december 2009 werd nog niet belucht. Pas na gebruik van het beluchtingssysteem in februari 2010 begon het composteringsproces goed op gang te komen tot ca. 55 graden celcius. De houtsnippers zorgen voor een poreuze bodem en zorgen voor voldoende draagkracht voor de dieren. Door het composteringsproces wordt er bodemmateriaal afgebroken. De bodem wordt dan minder poreus en het volume vermindert. Gedurende het jaar wordt materiaal toegevoegd om het composteringsproces om gang te houden en voldoende dikke stevige laag te behouden. Na bijna een jaar is de bodem min of meer uitgecomposteerd. In januari 2011 is de bodem voor het eerst helemaal vernieuwd. Tijdens een koude periode voorafgaand hieraan liep de temperatuur van de bodem sterk terug waardoor het oppervlak niet meer droog bleef en de hygiëne van de koeien merkbaar achteruit ging. Leerpunt uit deze ervaring was dat het wisselen van de bodem moet plaatsvinden voordat dit soort problemen ontstaan en in een periode dat de opstart van de nieuwe bodem niet belemmerd wordt door erg koude omstandigheden. Daarom is besloten om in voortaan in november (voor het eerst in november 2011) de bodem te vernieuwen. Waarnemingen aan de bodemtemperatuur en resultaten van bodemanalyses in 2011 ondersteunen deze werkwijze (zie paragraaf 5.3.1 en 5.3.2).



**Figuur 1** Het vullen van de composteringsbodem met snippers (links) en een detail van het beluchtingssysteem (rechts).

## 2.4 Aanpassingen beluchting bodem

Een andere belangrijke aanpassing aan het management van de bodem betreft de beluchting. In het eerste jaar werd er een uur per dag belucht. In overleg met composteringsdeskundigen is besloten dit te veranderen in 4 keer per dag elk een kwartier, waardoor de lucht meer verdeeld over een etmaal beschikbaar komt. Deze aanpassing is eind 2010 gedaan.

## 2.5 Management bodem tijdens koude omstandigheden

Een derde aanpassing van het management is nodig tijdens koude perioden. Ervaringen in het eerste jaar lieten zien dat tijdens koude perioden er anders teveel warmte uit de bodem verdwijnt. Het belangrijkste volgens Meindert is om tijdens deze vorst te voorkomen dat er teveel warmte ontsnapt uit de bodem. “Je moet de luchtstroom temperen, want die trekt alle warmte eruit”. En warmte is van belang voor het verdampen van het vocht uit de bodem. De eerste koude periode in januari 2011 heeft geleid tot aanpassing van het moment waarop de bodem vernieuwd wordt. In januari 2012 was er weer sprake van een koude periode. De oostelijke kant van de stal is toen dicht gezet met kuil- en stropakken, om het ligbed te beschermen tegen de felle koude oosten wind (figuur 2). De bodem was in november 2011 vernieuwd en nog maar 30 cm dik. Om te voorkomen dat deze dunne laag te snel zou afkoelen is er 15 cm snippers toegevoegd. Ondanks dat dit bevroren houtsnippers waren, ging het composteringsproces weer goed aan de gang. Dit lijkt effect gehad te hebben. In ieder geval is de bodemtemperatuur ten opzichte van de meting eind 2011 duidelijk gestegen (figuur 16).



**Figuur 2** Stro- en kuilpakken aan de oostzijde van de stal

Ook is toen de bodem minder vaak belucht: slechts 1x per dag een kwartier in plaats van 4x per dag een kwartier. Als tijdstip voor beluchten is het middaguur gekozen: het ‘warmst’ van de dag. Op die manier wordt voorkomen dat er teveel koude lucht van onderen in de bodem komt. Na de koudste nacht van 3 op 4 februari 2012 is de bodem ook minder gefreesd, in plaats van elke dag, naar één keer per 2 dagen. En dat alles met goed gevolg, want de bodem is ondanks een kleine daling nog goed op temperatuur en de compostering loopt goed. Op een diepte van 40 cm werd nu een temperatuur gemeten van 45 graden ten opzichte van 55 graden in het vorige jaar (in 2011) (figuur 16). De bovenlaag van de bodem bevriest wel licht, evenals de mest op de roosters (figuur 3), maar als de koeien gaan liggen ontdooien de ligplekken weer. Het lopen op de bevroren vrijloopbodem was voor de dieren veel prettiger dan op de bevroren mest op de roosters.



**Figuur 3** Bevroren mest op de roosters

## 2.6 Berekening energiebehoefte verdampen van water

Uit voorgaande ervaring blijkt wel dat voor het succes van de vrijloopstal het belangrijk is de toplaag voldoende droog te houden. Daarvoor dient het vocht dat de koeien dagelijks in de bodem brengen verdampt te worden. Verdampen kost energie. Het valt uit te rekenen hoeveel energie aanwezig is in de houtsnippers en of dit voldoende is om alle vocht te verdampen. De totale vochtexcretie van melkkoeien en vaarzen op de hele vloer is berekend op 1502761 kg. Het percentage van het vocht dat op de strooiselvloer terechtkomt, kan afgeleid worden van het percentage N dat op de strooiselvloer terecht komt namelijk 46%. In dat geval komt in totaal 690577 kg vocht op de strooiselvloer terecht. De aanvoer van vocht met de houtsnippers was 175761 kg en de afvoer met compost was 127895 kg. Hieruit kan berekend worden dat op de strooiselvloer in totaal 738443 kg vocht is verdampt.

Om een indruk te krijgen van de daarvoor benodigde energie kan eveneens een indicatieve berekening gemaakt worden. Voor de isotherme verdamping van 1 kg water (zonder temperatuurverhoging) is 2,256 MJ nodig (Binas, 1977); voor de verdamping van 738443 kg water een totaal van 1665926 MJ. Uitgedrukt in aardgasequivalenten is dit 47598 m<sup>3</sup> aardgas (bij een energie-inhoud van 35 MJ per m<sup>3</sup> gas). De corresponderende economische waarde van dit aardgas is €29511 (bij een prijs van €0,62 per m<sup>3</sup>). Op jaarbasis is dit €35201. Het vocht wordt verdampt met behulp van energie (warmte die vrijkomt bij compostering) uit de houtsnippers en de uitgescheiden mest. Indicatief kan berekend worden hoeveel van deze aangevoerde energie wordt gebruikt voor de verdamping. Bij een verbrandingswaarde van 18 MJ per kg droge houtsnippers (0% vocht) (Agentschap NL, 2012) is met de houtsnippers 2425878 MJ aangevoerd. Bij een verbrandingswaarde van 17 MJ kg<sup>-1</sup> per kg droge mest (Melse et al., 2004) is met de mest 1090583 MJ aangevoerd. Met de mest is dus 31% van de totale hoeveelheid energie aangevoerd. De voor verdamping benodigde energie is 69% van de energie aangevoerd met houtsnippers en 47% van de totaal aangevoerde energie. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er meer dan voldoende energie aanwezig was om het uitgescheiden vocht te verdampen. Wel moet bedacht worden dat de berekeningen van energie-inhoud zijn gebaseerd op verbrandingswaarde. Bij het composteren zal niet alle energie ter beschikking komen, zal de energie ook trager ter beschikking komen dan bij verbranding en zal er ook sprake zijn van verlies van warmte waardoor er eerder een tekort aan beschikbare energie kan ontstaan dan op basis van de berekeningen lijkt. Het effect van wisselende temperaturen (energie-aanvoer in de zomer, energie-afvoer in de winter) is verder ook niet in deze balans verwerkt. Tenslotte wordt tijdens compostering ook een hoeveelheid water gevormd die niet meegenomen is in de vocht-aanvoer. Op basis van de energiebehoefte voor vochtverdamping, en de energie aangevoerd met uitgescheiden mest, kan geconcludeerd worden dat met de uitgescheiden mest te weinig energie werd aangevoerd om al het vocht te kunnen verdampen.

## 2.7 Conclusies

De vrijloopbodem van Wiersma bestaat uit een laag van 50 cm houtsnippers die met actieve beluchting vanuit de onderlaag samen met dagelijks frezen van de toplaag dit materiaal en de mest composteert. Door de warmteontwikkeling ontstaat een droge toplaag. De hoeveelheid houtsnippers bevat meer dan voldoende energie om het vocht uit de urine en feces, die de koeien dagelijks aan de bodem toevoegen, te verdampen. De mate van beluchting is wel belangrijk om emissies te beperken.

De beluchting is daarom aangepast van 1 keer daags een uur naar 4 keer daags een kwartier. Om voldoende warmte in de bodem te houden is de ervaring dat tijdens koude winterdagen de beluchting en ventilatie beperkt moet worden. In november wordt gestart met een nieuwe bodem, zodat in de vochtige wintermaanden er voldoende vocht geabsorbeerd kan worden en er voldoende energie is voor het composteringsproces. Het volume neemt in de loop der tijd af door het composteringsproces, daarom wordt regelmatig extra materiaal toegevoegd.



### 3 Diergezondheid en -welzijn

#### 3.1 Inleiding

Diergezondheid en dierwelzijn zijn aspecten die onderdeel uitmaken van de overall beoordeling van duurzaamheid van stalsystemen in de melkveehouderij. In dit hoofdstuk worden eerst de verwachtingen op grond van bestaande wetenschappelijke literatuur en resultaten van eerder uitgevoerde verkennende studentenonderzoeken gerapporteerd. Vervolgens wordt, omdat de warmte producerende composterende bodem hittestress zou kunnen veroorzaken ingegaan op het stalklimaat in relatie tot het klimaat buiten de stal en bodemtemperaturen in het ligbed. In aansluiting hierop worden resultaten van onderzoek naar mogelijke hittestress en huidtemperaturen in relatie tot liggedrag gepresenteerd. Omdat het celgetal een indicator is voor de uiergezondheid wordt het verloop van het tankcelgetal van de melkleveranties tussen 1 januari 2008 en 31 december 2011 beoordeeld. Om een overall beoordeling te kunnen geven van het welzijn van de koeien is de veestapel enkele keren beoordeeld volgens de methodiek van Welfare Quality®. De resultaten voor de veestapel van Wiersma worden vergeleken met die van een aantal bedrijven met ligboxenstallen en bedrijven met potstallen. Ten slotte zijn ook de gegevens van de afvoer van melkvee van belang voor de beoordeling van de duurzaamheid van de veestapel, daarom worden ook de afvoergegevens van de jaren 2008 tot en met 2011 geïnventariseerd.

#### 3.2 Literatuur vrijloopstallen en diergezondheid & welzijn

Barberg et al. (2007) hebben onderzoek gedaan naar de gevolgen van omschakeling naar een vrijloopstal op 12 praktijkbedrijven. Belangrijke motivaties van de veehouders voor de omschakeling waren verbetering van koecomfort, levensduur en arbeidsgemak. Deze verwachtingen bleken in redelijke mate te zijn uitgekomen, de veehouders waren dan ook tevreden met de nieuwe stal. Wel wordt opgemerkt dat voorbehandeling en reiniging van de tepels voor het melken extra aandacht verdient. Desondanks realiseerden een aantal bedrijven ook een verbetering van de uiergezondheid: 3 van 7 bedrijven hadden een verlaging van het tankmelkcelgetal, 6 van de 9 hadden een verlaging van de mastitisincidentie (12%). Op 4 van 7 bedrijven bleek de vruchtbaarheid verbeterd (tochtdetectiepercentage, drachtigheidspercentage). Uit onderzoek van Rutherford et al. (2009) in de UK bleek dat op bedrijven met potstallen significant minder kreupelheid voorkwam dan op bedrijven met ligboxenstallen. Dit komt overeen met resultaten van Somers (2004) voor vergelijkend onderzoek in Nederland. Vanwege de vergelijkbaarheid van potstallen met vrijloopstallen is de verwachting dat ook in vrijloopstallen relatief weinig kreupelheid zal voorkomen.

Endres en Barberg (2007) hebben gedragsonderzoek uitgevoerd op de 12 bedrijven in Minnesota waar ook de omschakeling is onderzocht. Bij toename van de temperatuur en de Temperature Humidity index (THI) gingen de melkkoeien minder uren/dag liggen, ook nam de duur van de ligbeurten af. Verondersteld wordt dat dit door de zachte bodem geen ongunstige invloed had op de klauwgezondheid. Gemiddeld lagen de dieren  $9.34 \pm 1.94$  uur per dag (maar slechts  $6.45 \pm 1.57$  uur voor 2 koppels met weidegang), met  $11.0 \pm 3.2$  ligbeurten. De lengte van de ligbeurten was  $50.8 \pm 35.6$  minuten, waarbij bouts <2 minuten werden genegeerd. De gegevens over lig- en stagedrag zijn verzameld met IceTags. Ook de lighoudingen zijn beoordeeld, hierbij is gebruik gemaakt van de methode van Krohn en Munksgaard (1993). De meest voorkomende lighouding was "head up" (84.6%), maar ook de slaaphouding "head back" (8.8%) en "head on the ground" (5.4%) kwamen regelmatig voor. Incidenteel lagen koeien plat op hun zijkant (0.8%). Uit het onderzoek van Fregonesi et al. (2009) blijkt dat koeien in potstal meer lagen dan in ligboxenstal, dit zou ook kunnen gelden voor een vrijloopstal. Het verschil was echter niet zo groot. Als koeien vrije keus hadden lagen ze iets meer in een vrij ligbed dan in ligboxen. Ander onderzoek van Fregonesi et al. (2007) toonde aan dat koeien meer liggen als de boxbedekking droog is ( $13.8 \pm 0.8$  h/d) dan wanneer het nat is ( $8.8 \pm 0.8$  h/d). Dat kan ook nog van belang zijn bij liggedrag in vrijloopstal, maar speelt bij Wiersma waarschijnlijk geen wezenlijke rol.

Uit vervolgonderzoek in Minnesota (Lobeck et al., 2011) bleek dat de prevalentie van kreupelheid in vrijloopstallen met een compost bodem lager was dan in 2 types ligboxenstallen met zand in de boxen: 4.4 vs. 15.9/13.1%. Ongeacht staltype was de incidentie het hoogst in de winter en het voorjaar. De prevalentie van ernstige kreupelheid was niet significant verschillend voor de verschillende staltypen (1.6, 2.2 en 3.1%). Wel kwamen in de vrijloopstallen significant minder



hakbeschadigingen voor: de prevalentie was: 3.8 vs. 31.2/23.9%. Vermoed werd dat de hakbeschadigingen in de vrijloopstallen reeds waren ontstaan voor ingebruikname van deze stallen. Ook hadden de koeien in deze vrijloopstallen gemiddeld een hogere hygiëne score (3.18 vs. 2.83/2.77), wat betekent dat ze minder schoon waren. Er waren geen verschillen tussen de staltypen in conditiescores, ademhalingssnelheid, prevalentie van uierontsteking, afvoer en sterfte.

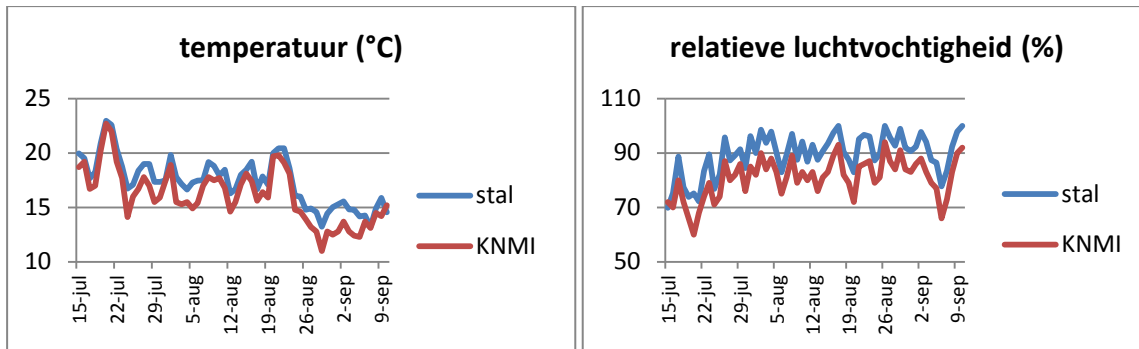
Österman en Redbo (2001) hebben onderzoek gedaan naar effecten van melkfrequentie op het gaan liggen en opstaan van melkkoeien. Omdat Wiersma driemaal daags melkt kunnen de resultaten van belang zijn voor de interpretatie van de welzijnsbeoordelingen. Österman en Redbo (2001) concludeerden dat 3\* daags melken gunstig is voor het ligcomfort van melkkoeien, omdat driemaal daags gemolken koeien sneller opstonden in de 4 uur voorafgaand aan het ochtendmelken dan tweemaal daags gemolken dieren en langere ligbouts hadden. Naast opstaan is ook gaan liggen beoordeeld, in 2 fasen. De snelheid hiervan verschilde echter niet significant (en duurde gemiddeld zelfs langer voor 3\* daags gemolken dieren). Ook op 24-uurs basis waren er geen verschillen tussen de proefgroepen. Daarom lijkt de invloed van driemaal daags melken op de resultaten van de welzijnsbeoordelingen zeer gering.

Het onderzoek van Van Middendorp en Cornelissen (2009) toonde aan dat de ligposities van koeien in experimentele vrijloopstallen op proefbedrijven goede overeenkomst vertoonden met de resultaten van Endres en Barberg (2007), en ook was er geen wezenlijk verschil tussen een ligboxenstal en deze vrijloopstallen. Hoekstra en Lekkerkerker (2011) vonden dat bij Wiersma relatief vaak koeien plat op hun zij of met de kop op de bodem lagen. Daarnaast hadden ze relatief vaak 1 of 2 voorpoten voor het lichaam gestrekt. Ook bleek het regelmatig voor te komen dat koeien gingen omliggen van de linker op de rechterzij of andersom. Fisher (2011) vond geen wezenlijke verschillen in het voorkomen van lighoudingen tussen de vrijloopstal van Wiersma en de ligboxen in het centrale deel van de stal op Nij Bosma Zathe. Wel kwam het in de vrijloopstal voor dat de koeien plat op hun zij lagen, maar dit duurde meestal kort (<10 seconden). Ook werd in dat onderzoek geconstateerd dat tussentijds ontlasten van de poten tijdens staan veel vaker voorkwam in de ligboxenstal.

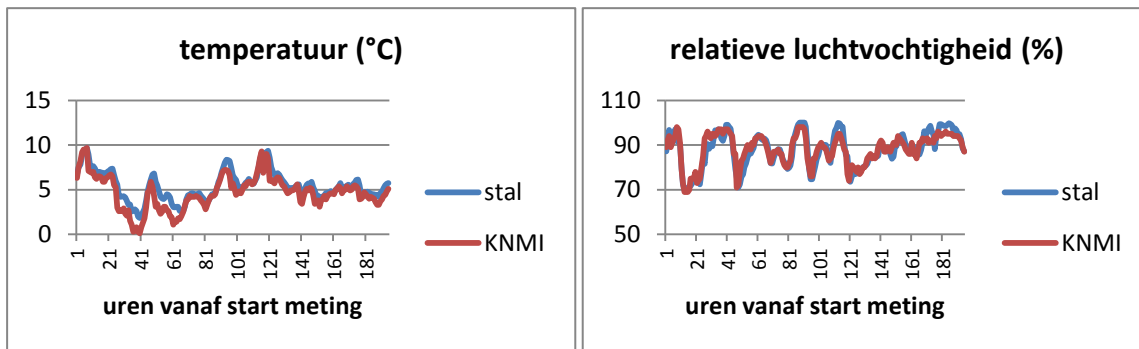
Samenvattend blijken vrijloopstallen in het algemeen positieve effecten te hebben op dierwelzijn. De afwezigheid van belemmeringen om te gaan liggen leiden vooral tot gemakkelijker gaan liggen en opstaan, de lighoudingen lijken niet zo sterk af te wijken van die in een moderne ligboxenstal. Inventariserend onderzoek naar het liggedrag geeft aanwijzingen dat de vrijloopstal van Wiersma de verwachtingen voor goed dierenwelzijn waarmaakt.

### 3.3 Stalklimaat in relatie tot buitenklimaat

Gedurende 2 perioden is het klimaat in de stal gemeten en vergeleken met gegevens van het KNMI-station in Eelde. De metingen in de stal zijn uitgevoerd met Escort RH iLog klimaatsensoren (Escort Data Loggers Inc., Buchanan, VA, USA) die ieder uur vanaf het begintijdstip van de metingen de uurgemiddelden voor luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid hebben geregistreerd. Van 15 juli 2010 tot 10 september 2010 zijn op 5 verschillende plaatsen boven de vrijloopruimte klimaatsensoren opgehangen. Omdat bleek dat de gegevens van deze sensoren vrijwel identiek waren zijn bij de volgende meetsessie (van 8 december 2011 tot 16 december 2011) slechts 2 sensoren gebruikt, en wederom waren de resultaten onderling vrijwel identiek. Voor dezelfde periodes zijn gegevens van het KNMI-station van internet gekopieerd. Voor beide meetsessies wordt voor de staltemperatuur alleen het gemiddelde van de gebruikte sensoren weergegeven, waarbij voor de eerste meetsessie daggemiddelden zijn vergeleken en voor de 2<sup>e</sup> meetsessie uurgemiddelden. De gekoppelde gegevens staan in Figuur 4 en Figuur 5.



**Figuur 4** Verloop daggemiddelde temperatuur en luchtvochtigheid tijdens meet sessie juli – sept 2010



**Figuur 5** Verloop uurgemiddelde temperatuur en luchtvochtigheid tijdens meet sessie december 2011

Uit beide figuren blijkt dat de luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de stal zeer goed vergelijkbaar zijn met de meetwaarden van KNMI-station Eelde. Deze gegevens kunnen dan ook worden gebruikt om het stalklimaat weer te geven. De gecombineerde invloed van temperatuur en luchtvochtigheid op de warmtehuishouding van de dieren wordt bepaald door de Temperature Humidity Index of THI ( $THI = (9/5 * T + 32) - (11/20 - RV * 0.11/20) * (9/5 * T - 26)$ ) (Ravagnolo et al., 2000).

### 3.4 Bodemtemperaturen in het ligbed

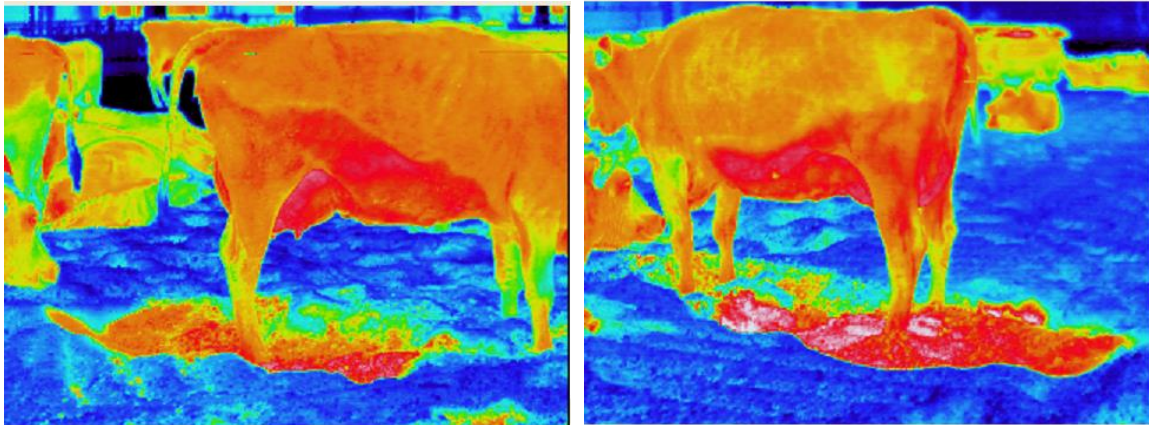
Naast luchttemperatuur en luchtvochtigheid is in de vrijloopstal met name ook de temperatuur van de stalbodem een mogelijke factor voor het ontstaan van hittestress. Op 3 momenten (zie tabel 1) zijn daarom temperaturen in de stalbodem bepaald. Hierbij is de temperatuur gemeten in 3 verschillende lagen: de diepe onbewerkte laag, de bewerkte laag en het oppervlak. Bij de eerste meet sessie zijn metingen in de onbewerkte en de bewerkte laag op 32 verschillende punten in de vrijloopruimte uitgevoerd. Hierbij zijn zowel metingen boven de ventilatiekanalen als tussen de ventilatiekanalen uitgevoerd, en metingen in de ochtend en de middag. Er waren geen significante verschillen tussen metingen boven en tussen de ventilatiekanalen, en ook niet tussen metingen in de ochtend en in de middag. Wel bleek bij deze meet sessie de temperatuur van de bewerkte laag significant hoger dan die van de onbewerkte laag (55.2 vs. 52.6 °C). Ook was er een beperkte maar significante variatie in bodemtemperatuur van voor naar achter in de stal. Daarom is het wel van belang om een meting te baseren op meerdere meetpunten die evenredig over de ruimte worden verdeeld.

In tabel 1 zijn de gegevens over bodemtemperatuur samengevat, ter vergelijking zijn ook de etmaalgemiddelde staltemperatuur en relatieve luchtvochtigheid erbij vermeld.

**Tabel 1 Gemiddelde bodemtemperatuur per laag per meting**

Datum	Stalbodem				
	Onbewerkt	Bewerkt	Oppervlak	T-stal	RV-stal
15-7-2010	52,6	55,2		20,0	69,9
4-8-2010		48,1		16,6	97,9
9-9-2010	47,1	47,3	26,8	15,9	97,9

Zoals tabel 1 laat zien zijn alleen in de bewerkte laag bij iedere meetsessie waarnemingen gedaan. De temperatuur van de bewerkte laag blijkt tussen 15/7 en 9/9 te zijn gedaald, waarschijnlijk houdt dit verband met de stand van het composteringsproces van het uitgangsmateriaal. Het temperatuurverschil met de onbewerkte laag lijkt vrijwel verdwenen, maar in de gehele bodem vond waarschijnlijk nog steeds een aanzienlijke warmteproductie plaats. Zoals de gegevens van 9/9 laten zien had ook het oppervlak van het ligbed een aanzienlijk hogere temperatuur dan de stallucht, waarschijnlijk als gevolg van de warmteontwikkeling in de composterende bodem. Vooral de temperatuur in de bewerkte laag lijkt voor de warmtehuishouding van de dieren van belang. Figuur 6 laat beelden gemaakt met een warmtecamera zien van enkele dieren die net zijn opgestaan.



**Figuur 6** Warmtebeelden van 2 koeien en hun ligplek vlak nadat ze zijn opgestaan

In deze figuur is de temperatuur hoger naarmate de rood- tot roséverkleuring intensiever is, en lager naarmate er meer blauwverkleuring is. Figuur 6 laat zien dat de plek waar de dieren gelegen hebben vlak na het opstaan aanzienlijk warmer is dan het omringende ligoppervlak. De foto's laten bovendien zien dat het gedeelte van de huid van de dieren waarop ze hebben gelegen warmer is dan de omringende huid. Het kan zijn dat de opwarming een gevolg is van warmteafgifte van de dieren, maar ook mogelijk is dat de opstijgende warmte uit de bewerkte laag niet kan uittreden omdat er een dier op ligt.

### 3.5 Aanwijzingen voor hittestress?

De in 2010 in de stal gemeten temperaturen vallen onder normale omstandigheden binnen de themoneutrale zone van melkkoeien. Het is gezien de warmteontwikkeling in de bodem echter mogelijk dat de comfortzone en thermoneutrale zone in deze vrijloopstal zijn verschoven t.o.v. die voor het buitenklimaat c.q. situaties zonder warmteontwikkeling in het ligbed. Gegevens over het gedrag kunnen informatief zijn omtrent eventuele hittestress. Zo wordt door meerdere onderzoekers genoemd dat dieren als gevolg van hittestress meer zouden gaan staan omdat ze dan hun warmte beter kwijt kunnen (Berman, 2005; Brown-Brandl et al., 2006; Kadzere et al., 2002). Daarom zijn tijdens de periode in 2010 waarin temperatuur en luchtvochtigheid in de stal zijn gemeten 20 dieren met Ictetag activiteitsmeters uitgerust. De veronderstelling is dat deze dieren een representatief beeld geven voor de hele veestapel. Per dier per uur is het percentage staan, het aantal stappen/uur en de lengte van de ligbouts die in het betreffende uur zijn afgesloten (doordat het dier ging staan) berekend. De

verbanden tussen deze gegevens en de Temperature Humidity Index (THI) zijn geanalyseerd met een statistisch model. De voorspelde gemiddelden staan in tabel 2.

**Tabel 2 Gemiddelden (se) voor Icetag-gegevens**

Activiteit	Tijdsbesteding (se)
Staan (%)	55,3 (1,2)
Lopen (Stappen / min)	85,6 (5,7)
Liggen (periodes (min))	65,1 (3,0)

De overall gemiddelde waarden zijn vergelijkbaar met waarden uit eerdere onderzoeken, maar het aantal stappen is iets hoger dan in de vrijloopstallen op de Waiboerhoeve en Zegveld. Dit betekent dat de koeien bij Wiersma niet meer hebben gestaan. Er zijn bovendien geen verbanden gevonden tussen de THI en de Icetag gegevens. Dit geeft aan dat de comfortzone en thermoneutrale zone in deze vrijloopstal niet zijn verschoven, dus dat de kans op hittestress waarschijnlijk niet groter is dan in stallen zonder warmte producerende bodem.

### 3.6 Ademhalingsfrequentie

Op 3 momenten zijn een aantal dieren gefilmd en is aan de hand van de films de ademhalingsfrequentie gescoord. Ademhaling is namelijk een manier om warmte kwijt te raken, en verschillende onderzoekers hebben aangegeven dat de ademhalingsfrequentie een goede indicator is voor hittestress (Berman, 2005; Brown-Brandl et al., 2003; Gaughan et al., 2008; Kadzere et al., 2002), die bovendien relatief snel reageert op verhoging van de omgevingstemperatuur. Daarbij is de methode gehanteerd die ook is gebruikt door Schütz et al. (2010), waarbij gedurende 30 seconden het aantal keren dat de flank op en neer gaat is geteld. De dieren zijn willekeurig gekozen, van belang was dat ze in rust waren tijdens het filmen en dat de filmbeelden goed waren te beoordelen. Het merendeel van de dieren lag tijdens het filmen en was aan het herkauwen, er zijn ook enkele staande dieren gefilmd. Al dan niet herkauwen had geen invloed op de ademhalingsfrequentie. De resultaten staan in tabel 3, voor de volledigheid is ook de THI ten tijde van het filmen vermeld.

**Tabel 3 Resultaten beoordeling ademhalingsfrequentie**

Datum	THI	Dieren (#)	Gemiddelde (sd)	Min	Max
15-7-2010	66	35	39,0 (7,7)	24	58
4-8-2010	63	22	32,3 (5,9)	24	44
10-9-2010	61	16	41,6 (6,6)	34	58

De waarden voor ademhalingsfrequentie zijn laag in vergelijking met die in de literatuur, waarbij in veel gevallen sprake was van hittestress. Schütz et al. (2010) rapporteren waarden van 51, 57 en 62 ademhalingen per minuut bij melkvee waarbij hooguit matige hittestress optreedt. Berman (2005) geeft aan dat bij frequenties boven 70 – 80 maatregelen genomen moeten worden om hittestress te bestrijden. Volgens Gaughan et al. (2008) neemt de ademhalingsfrequentie bij hittestress met ongeveer 3 per minuut toe per graad temperatuurstijging. Brown-Brandl et al. (2006) geven aan dat een ademhalingsfrequentie lager dan 60 per minuut niet duidt op hittestress. Dit betekent dat ook de waargenomen ademhalingsfrequenties niet duiden op hittestress.

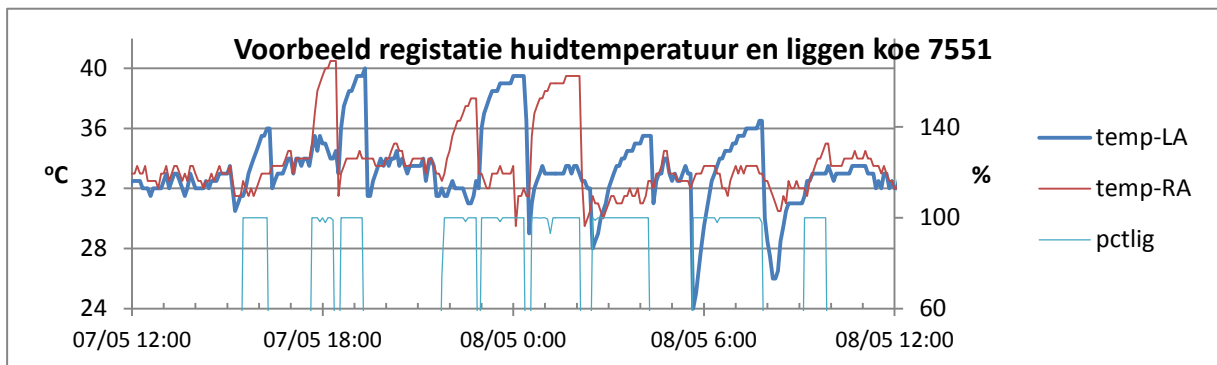
### 3.7 Huidtemperatuur en liggedrag

Hoewel de eerdere metingen met Icetags en beoordeling van ademhalingsfrequentie geen aanwijzingen opleverden dat de dieren hierdoor moeite hebben hun lichaamswarmte kwijt te raken is het toch mogelijk dat ze hun liggedrag aanpassen, bijvoorbeeld door vaker op te staan en eventueel vaker van ligzijde te veranderen. Dit is nader onderzocht door 5 koeien tussen 2 mei 2012 en 10 mei 2012 uit te rusten met 2 lbutton temperatuursensoren op de huid onder de buik iets voor het uier, zodanig dat in een normale lighouding slechts 1 sensor contact met het ligbed maakte (zie Figuur 7). De sensoren zijn zodanig ingesteld dat de temperatuur iedere 5 minuten is vastgelegd. De plaatsing van de sensoren is voorafgaand van 2 tot 6 april uitgetest op de Waiboerhoeve, bovendien zijn daar gegevens verzameld bij 4 dieren die op een niet-warmte producerend ligbed lagen: 2 droogstaande dieren in de strostal en 2 melkgevende dieren in de serrestal.



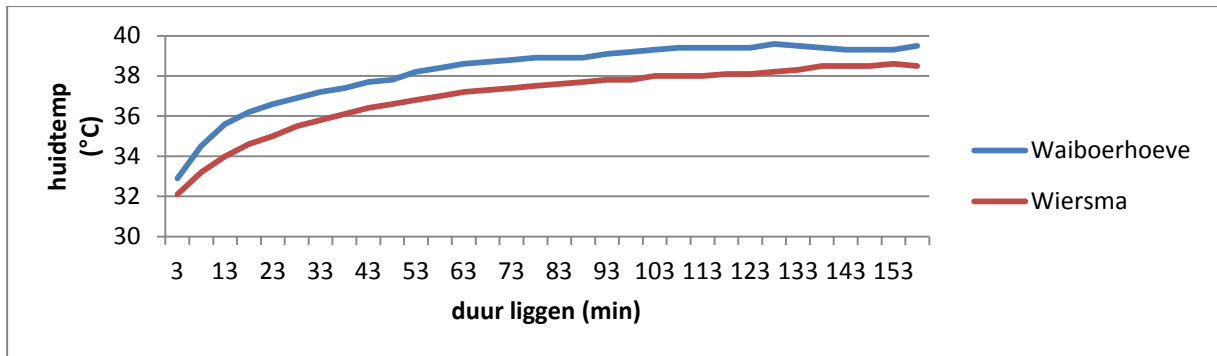
**Figuur 7** Voorbeeld plaatsing lbutton sensors.

De dieren met temperatuursensoren zijn tevens van een Ictag activiteitsmeter voorzien. De bodemtemperatuur in het ligbed bij Wiersma was volgens metingen op 6 meetpunten op 2 mei 41.2 °C op 15 cm diepte en 44.6 °C op 40 cm diepte, dat is minder hoog dan tijdens pilotmetingen in december maar hoger dan een niet verwarmd ligbed. De gekoppelde gegevens zijn per dier in grafieken gezet, een voorbeeld is weergegeven figuur 8



**Figuur 8** Voorbeeld registratie huidtemperatuur en liggen

In figuur 8 is duidelijk te zien dat de huidtemperatuur van dit dier tijdens staan tussen de 32 en 34 °C bedroeg, en dat deze tijdens de ligbouts geleidelijk opliep voor één van beide lbuttons. Van de 9 koeien zijn in totaal gegevens van 442 ligbouts vastgelegd, waarvan bij 407 (92%) kon worden afgeleid op welke zijde de dieren lagen. Bovendien is per dier geteld hoe vaak de dieren gingen omliggen (dat is gedefinieerd als binnen 10 minuten na afloop van een ligbout weer gaan liggen op de andere zijde) en hoe lang de gemiddelde ligbout duurde. Het blijkt dat omliggen tegen de verwachting in vaker voorkomt op de Waiboerhoeve: 41% van de ligbouts tegen 21% bij Wiersma. Hierbij kan meespelen dat 2 dieren op de Waiboerhoeve hoogdrachtig (droogstaand) waren en ook een groter deel van de tijd lagen (56 en 59%) dan de melkgevende koeien (39 tot 46%). De lengte van de ligbouts verschilde sterk tussen koeien (tussen 44 en 116 minuten), maar was niet duidelijk verschillend tussen de beide bedrijven. Tijdens staan was de huidtemperatuur voor alle dieren gemiddeld tussen 32 en 33 °C. Tijdens liggen liep de temperatuur van de sensor waarop het dier lag geleidelijk op, terwijl die aan de andere zijde vrijwel gelijk bleef (33 tot 34 °C). Het gemiddelde verloop van de huidtemperatuur op de ligzijde tijdens de ligbouts is weergegeven figuur 9.



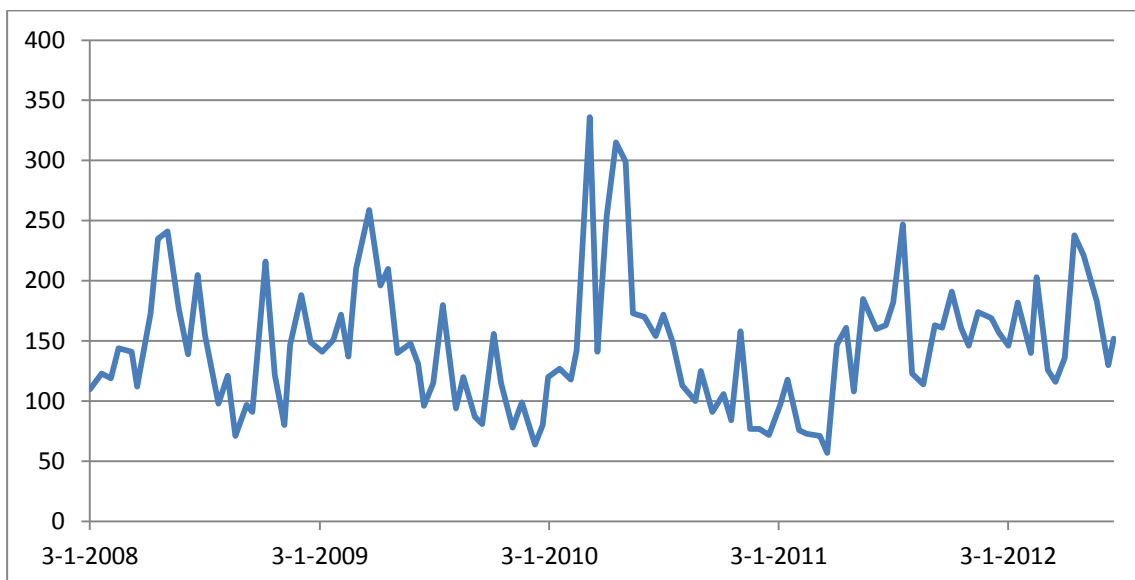
**Figuur 9** Gemiddelde verloop huidtemperatuur tijdens ligbout

Maximaal werd de huidtemperatuur op beide bedrijven ongeveer 40 °C, maar meestal werd een waarde van 38 à 39 °C niet overschreden. Zodra een dier opstond daalde de huidtemperatuur volgens de metingen snel. Ook wat betreft het verloop van de huidtemperatuur waren de resultaten niet zoals vooraf werd verwacht. De huidtemperatuur steeg op de Waiboerhoeve gemiddeld iets sneller en werd ook ongeveer 1 °C hoger dan bij Wiersma.

Op grond van de resultaten kan worden geconcludeerd dat de koeien bij Wiersma bij bodemtemperaturen van 40 tot 45 °C tijdens liggen geen hogere huidtemperatuur krijgen dan koeien die liggen op niet warmteproducerende ondergrond. Er zijn bovendien geen aanwijzingen dat ze vaker zouden gaan omliggen dan de koeien op de Waiboerhoeve, dat is gezien de huidtemperaturen voor de warmtehuishouding ook niet zinvol.

### 3.8 Verloop tankmelk celgetal

Uit de geïnventariseerde literatuur bleek dat een deel van de bedrijven in de USA na in gebruik name van een vrijloopstal een verbetering van de uiergezondheid realiseerden. Het verloop van het celgetal in de tankmelk tussen 1-1-2008 en 31-12-2011 bij Wiersma is weergegeven in figuur 10.



**Figuur 10** Verloop tankmelk celgetal tussen 1-1-2008 en 31-12-2011

Deze figuur laat zien dat het tankmelk celgetal na ingebruikname van de vrijloopstal niet wezenlijk is veranderd, alleen is er in het voorjaar van 2010 een periode met verhoging geweest. Gezien de daling daarna is het celgetal weer onder controle. Dit geeft aan dat de koeien in deze vrijloopstal geen duidelijk betere of slechtere uiergezondheid hebben dan in de oude stal.

### 3.9 Welzijnsbeoordeling volgens methodiek Welfare Quality

De koeien zijn in de herfst van 2011 en in april 2012 beoordeeld met het Welfare Quality protocol zoals dat ook op een groot aantal andere bedrijven gebeurd is (vooral biologische melkveebedrijven in projecten met gehoord vee, verschillende strooisels, beweidingsonderzoek en dergelijke). De onderdelen die daarbij worden beoordeeld zijn: gaan liggen van koe, het schoon zijn van de koe, lichaamsconditie, huidbeschadigingen, klauwafwijkingen, gangen en (soms) agonistische gedragingen. Alle waarnemingen zijn door dezelfde persoon uitgevoerd. De resultaten van de diverse onderdelen worden hieronder kort weergegeven.

#### *Hoe lang duurt het voor een koe ligt?*

Gemeten wordt hoe lang het gemiddeld duurt voordat een koe ligt vanaf het moment van het buigen van het voorbeen. Des te korter dit duurt des te makkelijker de dieren in het algemeen kunnen gaan liggen. In de meeste ligboxenstallen duurt het gaan liggen tussen de 5 en 9 seconden (gemiddeld 6.3 seconden). Potstallen en vrijloopstallen geven wat meer vrijheid om te gaan liggen: koeien gaan sneller liggen dan in de ligboxenstallen, het duurt meestal minder dan 5 seconden (gemiddeld 4.5 seconden). Dat blijkt ook voor het bedrijf van Wiersma het geval te zijn, al was de duur in april 2012 iets langer dan eind 2011 (4.9 vs. 4.5 seconden). Bovendien vertellen deze cijfers niet alles. In ligboxenstallen komen meer koeien voor die lang treuzelen voor ze gaan liggen, meerdere pogingen doen om te gaan liggen en soms dan toch niet gaan liggen en weer aan het voerhek of half in de boxen blijven staan. Het resultaat in de vrijloopstal van Wiersma is redelijk vergelijkbaar met dat van de potstallen en gemiddeld dus nogal wat beter dan dat in de meeste ligboxenstallen.

#### *Hoe schoon zijn de koeien?*

Het schoon zijn van de koeien wordt beoordeeld voor het onderste deel van de achterpoot, de achterhand, het uier en de spenen. Bij meer dan een handgroot oppervlakte vuil/mest wordt een score 1 gegeven, anders score 0. Voor de spenen wordt bij een spatje vuil een score 1 gegeven, bij vuilere spenen een score 2. Omdat bij een aantal bedrijven vlak na het melken beoordeeld is, worden de scores voor spenen hier buiten beschouwing gelaten bij de vergelijking. De maximale score is 3. De gemiddelde score over alle bedrijven is 0.58 voor de poten, 0.34 voor de achterhand en 0.56 voor het uier. Dat betekent dat ca 60% van de koeien smerige poten en achterhand hebben en een derde van de koeien een smerig uier. De koeien in de potstallen zijn gemiddeld wat vuiler dan die in de andere staltypen, maar bij Wiersma zijn ze schoner dan in de meeste ligboxenstallen vooral door een lagere score voor poten en uier. Opvallend is dat de koeien bij Wiersma in april 2012 schoner waren dan eind 2011 (tabel 4), dit kan te maken hebben met het vervangen van het bodemmateriaal eind november.

**Tabel 4 Gemiddelde score bevuilding**

	Achterpoot	Achterhand	Uier
Wiersma najaar 2011	0,45	0,60	0,40
Wiersma april 2012	0,46	0,25	0,29
Alle bedrijven	0,58	0,34	0,56

Het schoon zijn van koeien in de potstal hangt vooral af van de hoeveelheid strooisel die gebruikt wordt, in ligboxenstallen ook van de hoeveelheid mest op de looppaden. Daardoor kan de score van de koeien binnen dezelfde stal in de tijd aanzienlijk variëren. In deze vrijloopstal waren de koeien schoner dan in de meeste potstallen en ook schoner dan in veel ligboxenstallen.

#### *Lichaamsconditie koeien*

De conditie wordt gescoord op een schaal van 1 – 5, waarbij 1 is vel over been en 5 is moddervet. Voor de meeste rassen is er een optimum tussen 2.5 en 3.5. Bij beide beoordelingen was de gemiddelde score ongeveer 3.0, dit is een gemiddelde score. De conditie wordt overigens niet zozeer door het staltype bepaald maar veel meer door de rantsoensamenstelling en het type koe (melktypisch of meer dubbeldoel).

#### *Hoeveel beschadigingen hebben de koeien?*

De beschadigingen zijn geteld op verschillende delen van het lichaam, steeds aan één kant. Het aantal kale plekken (hl), wonden (le) en zwellingen (sw) is gescoord aan de hak, de achterhand (hind), de knie, de rug/schouder/nek (nsb) en de romp (side). De scores zijn per lichaamsdeel gesommeerd.



In tabel 5 zijn de gemiddelde scores voor ligboxenstallen en potstallen weergegeven naast de beide scores op het bedrijf van Wiersma.

**Tabel 5 Gemiddelde scores huidbeschadigingen per lichaamsdeel per staltype**

	Ligbox	Potstal	Wiersma	
			2011	2012
Hak	0,75	0,11	0,10	0,21
Knie	0,52	0,02	0,00	0,11
Achterhand	1,44	1,12	0,00	0,08
Rug/schouder/nek	1,26	1,30	0,10	0,25
Romp	1,40	2,08	0,00	0,00

Voor hakken en knieën geldt dat in stallen zonder afscheidingen en een zacht ligbed (zonder ligboxen) nauwelijks beschadigingen geconstateerd worden, dat blijkt ook bij Wiersma het geval te zijn. Dat stemt overeen met de resultaten in de literatuur zoals die zijn samengevat in de vorige paragraaf. Bedrijven met gehoord vee (vaak in potstallen) hebben nogal wat meer beschadigingen dan bedrijven met onthoornde koeien, vooral aan de achterhand en schouder en romp. In de stal van Wiersma, met ongehoorde koeien, zijn nauwelijks huidbeschadigingen voorgekomen al waren er in april 2012 een aantal dieren met een kale plek op het kossum. Op dit onderdeel scoort het bedrijf aanzienlijk beter dan gemiddeld.

#### *Klauwen*

Bij de klauwen wordt bij een achter- en een voorbeen gekeken of de binnen en buitenklauw dezelfde lengte hebben, of de klauwen de goede klauwhoek hebben, vlak op de grond staan, niet geribbeld zijn en de spleet tussen de klauwen niet te groot is. Als aan twee of meer voorwaarden niet voldaan wordt, wordt de koe met een 1 gescoord op dit onderdeel. De maximale score is 1. De gemiddelde score voor alle bedrijven is 0.22, wat betekent dat bij 22% van de koeien op twee of meer punten afweken van het ideaalbeeld. Wiersma scoorde eind 2011 beter dan gemiddeld (0.06), maar in april 2012 ongeveer gemiddeld (0.21). Dit werd vooral veroorzaakt doordat er een brede spleet was tussen de klauwen, er soms ongelijke klauwen waren en de klauwen niet vlak waren (de vraag is overigens of dat in een zachte bodem bezwaarlijk is). Deze score wordt niet alleen door de stal beïnvloed, maar ook door de klauwverzorging.

#### *Hoe goed lopen de koeien?*

De gangen van de koeien worden gescoord met 0, 1 (beetje kreupel) of 2 (ernstig kreupel). Hoe lager de score hoe beter. De koeien worden beoordeeld op de plek waar ze lopen. In ligboxenstallen is dat veelal op beton (roosters of dichte vloer), in andere staltypen kan dat ook op zachtere bodems zijn. Dat heeft invloed op de gangen van koeien. Bij gladde vloeren (oa de betonvloer bij Wiersma) gaan koeien niet kreupel lopen maar wel erg voorzichtig, in erg losse bodems kost het meer moeite maar ook daar lopen ze niet kreupel door. Ook aandoeningen als Mortellaro maken dat koeien voorzichtig lopen maar nog niet direct kreupel. De beide scores voor Wiersma waren onderling vrijwel gelijk (0.14 en 0.15 resp.), en iets lager dan het overall gemiddelde van 0.24. Er waren op dit bedrijf dus iets minder kreupele dieren dan op een gemiddeld bedrijf, wat overeenstemt met de verwachtingen op grond van de literatuur. Wel dient te worden opgemerkt dat de betonvloer achter het voerhek glad was.

#### *Agonistisch gedrag, elkaar likken en hoesten*

Op een aantal bedrijven, waaronder dat van Wiersma, is gedurende 2 perioden van 20 minuten per staldeel waargenomen hoe koeien zich ten opzichte van hun koppelgenoten gedragen. Het aantal keren dat koeien een andere koe stoten met de kop, verjagen (door stoten met de kop), vechten (met de kopen tegen elkaar staan), najagen en opjagen wordt daarbij genoteerd. Ook het elkaar likken en hoesten en niezen wordt genoteerd. Voor de vergelijkbaarheid van de aantallen worden deze gedeeld door het aantal beoordeelde dieren. Het maakt voor het voorkomen van agonistisch gedrag nogal uit of koeien gehoord of ongehoord zijn (gehoorde dieren hebben meer ontzag voor ranghoge dieren en vermijden confrontaties meer dan ongehoorde dieren). De cijfers in tabel 6 laten dit zien.



Tabel 6 Gemiddeld aantal gedragingen per dier in de waarnemingsperiode

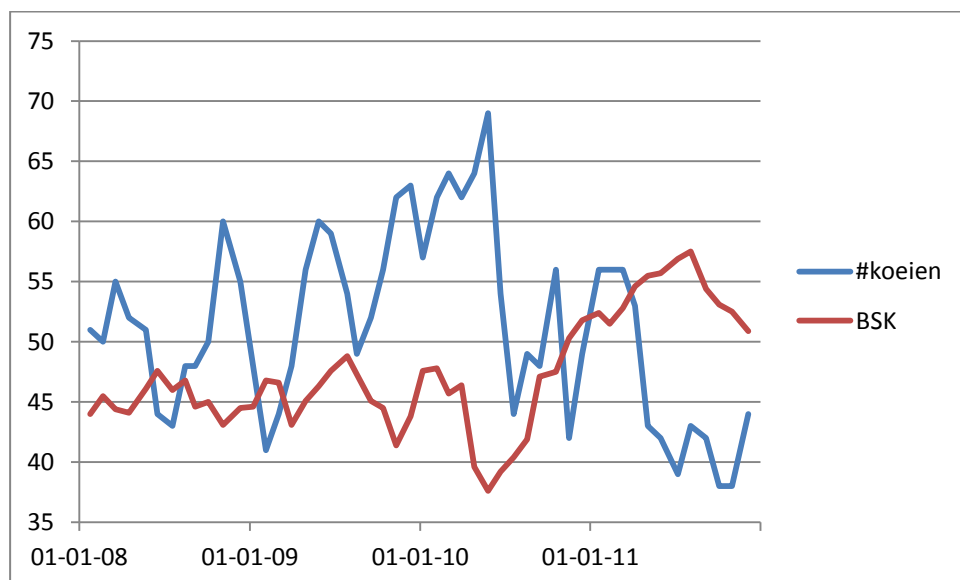
	Hoorns		Wiersma	
	Met	Zonder	2011	2012
Stoten	0,26	0,60	0,16	0,38
Verplaatsen	0,37	0,55	0,03	0,38
Vechten	0,02	0,04	0,00	0,00
Najagen	0,08	0,02	0,00	0,00
Opjagen	0,23	0,03	0,00	0,00
Likken	0,09	0,11	0,32	0,12
Hoesten	0,37	0,27	0,32	0,15

Bij Wiersma blijken gemiddeld weinig agonistische interacties voor te komen, maar opvallend is dat het aantal van deze gedragingen in april 2012 aanzienlijk groter was dan eind 2011. In de eerste waarnemingsronde in april was het erg rustig (veel koeien lagen in de vrijloopruimte), maar na het voeren zijn aanzienlijk meer kopstoten en verplaatsingen gescoord dan vorige keer. Dit gebeurde allemaal bij het voerhek. Blijkbaar waren de koeien minder tevreden met het voer wat ze voor de bek kregen en deden ze meer pogingen om elders beter aan de trekken te komen. Het ontbreken van vechten, najagen en opjagen heeft waarschijnlijk te maken met de grote ruimte per dier, waardoor ze elkaar beter dan op de meeste bedrijven kunnen ontwijken. Elkaar likken kwam bij Wiersma eind 2011 vaker voor dan in april 2012, waarschijnlijk heeft de timing van de waarnemingen ten opzichte van het voertijdstip hier invloed op. Al met al duiden deze bevindingen er op dat er weinig onrust is in de koppel bij Wiersma.

Op grond van deze set waarnemingen kan worden geconcludeerd dat het welzijn van de veestapel van Wiersma bovengemiddeld is. In de ligruimte kunnen de koeien door het ontbreken van obstakels makkelijker opstaan en gaan liggen dan in ligboxen, terwijl het ligbed voldoende schoon is. Ook hebben de dieren hierdoor nauwelijks huidbeschadigingen. Daarbij zijn er weinig agonistische interacties.

### 3.10 Afvoer van melkvee

In de periode van 1-1-2008 tot en met 31-12-2011 is de nieuwe stal in gebruik genomen en is de veestapel aanvankelijk uitgebreid maar later weer gekrompen als gevolg van de hogere productie per dier (figuur 11). Voor deze periode zijn de gegevens van afgevoerde dieren geïnventariseerd.



**Figuur 11** Verloop van aantal melkgevende koeien en BSP per MPR

Door de veranderingen in de omvang van de veestapel is de afvoer mogelijk anders geweest dan in de periode daarvoor en, als het aantal koeien op tal is, ook anders dan in de komende periode. In een periode met uitbreiding van de veestapel vindt meestal alleen de allernoodzakelijkste afvoer van

koeien plaats (ongelukken, voortdurend hoog celgetal of mastitis, niet meer drachtig worden en onvoldoende melk produceren). Op dit bedrijf zijn echter in 2009 ook een groot aantal dieren (45) van elders aangekocht waardoor er toch ruimte bleef voor afvoer. De aangekochte dieren waren vooral jongvee en drachtige vaarzen, maar ook enkele dieren die al aan de melk waren.

Er zijn in de onderzochte periode 97 dieren afgevoerd na minimaal eenmaal te hebben gekalfd met een gemiddelde leeftijd van 4 jaar en 8 maanden, een productief leven van gemiddeld 882 dagen en een productie van 22710 kg melk. De afvoer wordt echter sterk vertekend doordat een groot deel van de afgevoerde dieren voor het leven is verkocht. Zo zijn in totaal 22 dieren voor export afgevoerd, en nog 35 dieren zijn op een volgend bedrijf verder gemolken of in ieder geval nog geruime tijd gehouden. De overige 40 dieren zijn afgevoerd naar de slacht of (in 4 gevallen) op het bedrijf gestorven, waarvan 3 in 2009. Van deze 40 dieren waren er 6 in de 1<sup>e</sup> lactatie, 6 in de 2<sup>e</sup> lactatie, 9 in de 3<sup>e</sup> lactatie, 8 in de 4<sup>e</sup> lactatie en 11 in de 5<sup>e</sup> of latere lactatie. De lactatiewaarde van de afgevoerde dieren ligt wat beneden het gemiddelde van de veestapel, ook voor de dieren die voor het leven zijn verkocht (Tabel 7).

**Tabel 7 Gegevens productie van afgevoerde dieren**

jaar	Alle afgevoerde dieren						Dieren afgevoerd voor slacht					
	Aantal	Leeftijd (dagen)	Lactatie stadium (dagen)	Melk (kg)	Vet+Eiwit (kg)	LW	Aantal	Leeftijd (dagen)	Lactatie stadium (dagen)	Melk (kg)	Vet+Eiwit (kg)	LW
2008	16	2325	382	35139	2870	93	15	2316	381	34906	2857	94
2009	33	1832	249	27083	2080	95	17	2074	261	34134	2605	94
2010	31	1289	157	13797	1024	97	3	1991	347	31632	2406	94
2011	17	1550	121	17404	1303	91	5	1835	191	23664	1821	91
Totaal	97	1690	219	22710	1757	95	40	2128	304	32897	2586	94

Uit tabel 7 is ook af te lezen dat in 2010 en 2011 nauwelijks dieren voor de dood zijn afgevoerd. Het gemiddelde celgetal bij afvoer (zie tabel 8) is niet hoog, ook niet voor de dieren die voor de dood zijn afgevoerd.

**Tabel 8 Gemiddelde laatste celgetal voor afvoer**

Jaar	Afgevoerde dieren	
	Totaal	Voor slacht
2008	155	142
2009	163	166
2010	90	106
2011	102	144
Totaal	128	149

Slechts enkele koeien hadden bij de laatste MPR voor afvoer een celgetal > 500.000. Het lijkt er al met al niet op dat een hoog celgetal bij veel koeien de reden van afvoer geweest is, maar de dieren die voor de dood zijn afgevoerd hadden wel gemiddeld een hoger celgetal voor afvoer dan de overige afgevoerde dieren.

Een andere mogelijke oorzaak voor gedwongen afvoer is niet drachtig worden. In tabel 9 zijn de gemiddelde aantallen inseminaties na afkalven voor alle dieren die hebben afgekald weergegeven naast dezelfde cijfers voor de afgevoerde dieren. Ook is voor de afgevoerde dieren vermeld welk percentage dieren na de laatste afkalving nog is geïnsemineerd. Voor 2011 worden de cijfers voor alle afgekalfde dieren beïnvloed doordat een aantal afgekalfde dieren nog opnieuw zal worden geïnsemineerd.

**Tabel 9 Gemiddeld aantal inseminaties per jaar**

Jaar	Afgekalfde dieren	Afgevoerde dieren	Voor afvoer
2008	2,0	1,8	56%
2009	2,0	2,2	64%
2010	2,1	3,3	52%
2011	1,9	2,0	29%
Totaal	2,0	2,5	53%

Uit tabel 9 blijkt dat bij een deel van de afgevoerde dieren niet drachtig worden wel heeft meegespeeld bij de beslissing om dieren af te voeren, maar dat ook bijna de helft van de afgevoerde dieren tussen afkalven en afvoer niet meer voor inseminatie is aangeboden. Dit geldt in ieder geval voor de dieren die betrekkelijk kort na afkalven voor het leven zijn afgevoerd.

Uit de inventarisatie van de afvoergegevens blijkt dat een groot deel van de dieren voor het leven is afgevoerd, wat betekent dat gedwongen afvoer vrij weinig voorkomt. Een hoog celgetal is geen belangrijke reden voor afvoer, vruchtbaarheid lijkt wel een reden voor afvoer. De dieren die voor de slacht worden afgevoerd zijn meestal oudmelkt, wat aangeeft dat er waarschijnlijk meestal geen acute gezondheidsproblemen waren die tot afvoer leidden.

### 3.11 Conclusies

Op grond van wetenschappelijke literatuur worden positieve effecten verwacht van vrijloopstallen op dierwelzijn. Deze verwachtingen worden in de praktijk grotendeels waar gemaakt, maar de klauwgezondheid en kreupelheid waren iets minder gunstig dan verwacht (wel beter dan gemiddeld op bedrijven met ligboxen). De betonnen loopvloer is tamelijk glad. Het tankmelk celgetal is na in gebruik name van de vrijloopstal niet veranderd. De koeien kunnen gemakkelijk gaan liggen, waardoor ze hier minder tijd voor nodig hebben dan in de meeste ligboxenstallen en ook veel minder vaak aarzelen. Ze zijn schoon, hebben een normale conditie en nauwelijks huidbeschadigingen. Er is weinig onrust in de koppel. Er zijn vooral na in gebruik name van de vrijloopstal veel dieren voor het leven afgevoerd, bovendien zijn dieren aangekocht. Afvoer vanwege acute gezondheidsproblemen lijkt niet veel voor te komen.

Het klimaat in de stal is sterk vergelijkbaar met het buitenklimaat, ondanks de warmteproductie in het ligbed. Deze warmteproductie leidt ook niet tot een grotere kans op hittestress of een verhoogde ademhalingsnelheid. De huidtemperatuur loopt tijdens het liggen geleidelijk op, maar niet meer dan bij een niet warmte producerend ligbed. De dieren gaan niet vaker omliggen op de andere zijde dan op de Waiboerhoeve.

## 4 Stikstof- en vochtbalans bodem

### 4.1 Inleiding

Ter beoordeling van de milieukundige prestaties van de vrijloopstal met organische strooiselbodem is het noodzakelijk dat er balansen opgesteld worden, vooral voor N, en in mindere mate ook voor P, K en C. Bij het opstellen van een mineralenbalans is het voer de belangrijkste aanvoerpost. Mineralen die door een melkkoe uit het voer worden opgenomen verlaten de koe grotendeels weer met urine, feces en melk. Een klein deel van de mineralen wordt vastgelegd in het lichaam (groeïende vaarzen) of in kalveren (drachtige koeien). De mineralen in melk en lichaamsweefsel worden afgevoerd naar buiten de stal en verdwijnen zo uit het systeem. De mineralen in de urine en feces worden gedeponeerd op de bodem. Bij de organische strooiselbodem kunnen deze mineralen vervolgens worden ingebouwd in de biomassa van bacteriën. Niet-ingebouwde N vervluchtigt in de vorm van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{N}_2$ . Niet-ingebouwde P en K blijft volledig aanwezig in de strooiselbodem, omdat P en K niet vervluchtigen of uitspoelen.

Het opstellen van de N-balans is belangrijk, omdat daarmee vastgesteld wordt hoeveel N er verloren gaat van de N die met urine en feces wordt uitgescheiden. Met deze informatie kan de vrijloopstal op dit punt vergeleken worden met de gangbare ligboxenstal. De P- en K-balans zijn op zichzelf minder belangrijk, omdat P en K niet verloren gaan. Wel zijn de P- en K-balans van wezenlijk belang voor het opstellen van de N-balans. Vergeleken met de ligboxenstal hebben vrijloopstallen vaak zowel een deel strooiselvloer als een deel roostervloer. Dit maakt het opstellen van vooral de N-balans meer gecompliceerd, omdat de totale N-depositie met urine en feces niet naar verhouding van vloeroppervlak over beide vloerdelen verdeeld hoeft te zijn. Daarnaast kan de verhouding tussen gedeponeerde urine en feces op de strooiselvloer afwijken van de verhouding op de roostervloer, bijvoorbeeld omdat de koeien minder urine en meer feces op de strooiselvloer uitscheiden. Een C-balans geeft inzicht in hoeveel C er verloren gaat tijdens de strooiselperiode. C uit strooisel en feces gaat vooral verloren als  $\text{CO}_2$ , en in mindere mate als  $\text{CH}_4$ .

Hieronder wordt de N-, P-, K- en C-balans berekend voor de vrijloopstal van Meindert Wiersma ('systeem Wiersma'). Bij deze vrijloopstal bestaat de strooisellaag uit houtsnippers, die samen met de feces van de koeien gedurende een lange periode (tot 10 maanden) worden gecomposteerd. Systeem Wiersma heeft daarmee een 'zuivere' composteringbodemp, waarbij de warmte van het composteringproces gebruikt wordt om het uitgescheiden vocht te verdampen en de bodem voldoende droog te houden. Een neven doel van de compostering is om de uitgescheiden N zoveel mogelijk in te bouwen in organisch materiaal (in bacteriële biomassa en afgeleide producten). Bij andere typen vrijloopstallen ligt het accent meer op directe absorptie van vocht door het strooisel dan op compostering. Hierdoor wordt het strooisel sneller nat, waardoor de verblijftijd in de stal beperkt wordt.

### 4.2 Balansen vrijloopstal Wiersma

#### 4.2.1 Inleiding

De vrijloopstal van Wiersma bestaat deels uit een strooiselvloer ( $1138 \text{ m}^2$ ) en deels uit een roostervloer ( $586 \text{ m}^2$  totaal,  $557 \text{ m}^2$  besmeurd oppervlak). Deze splitsing betekent dat er zowel een balans voor de strooiselvloer als voor de roostervloer opgesteld moet worden. De balansen voor Wiersma zijn opgesteld voor de ronde tussen 15 januari en 17 november 2011 (ronde 2011). Een ronde is daarbij de tijd die verstrijkt tussen het inbrengen van nieuw strooisel (houtsnippers) en het verwijderen van dit strooisel wanneer het 'uitgewerkt' is. Het strooisel is 'uitgewerkt' als de vochtopname afneemt en het materiaal zo fijn van samenstelling wordt dat de koeien gaan wegzakken. Het strooisel is dan vermengd met uitgescheiden feces en in verregaande mate gecomposteerd.

Tijdens ronde 2011 liepen er gemiddeld 53,5 melkkoeien en 7 drachtige vaarzen in de stal (gewogen gemiddelden). Het percentage droogstand van de melkkoeien was 15%. Droge koeien en vaarzen liepen op de strooiselvloer in een met draad afgescheiden deel. De vaarzen werden vier weken voor het afkalven bij de droge koeien gedaan en na het afkalven bij de melkkoeien. De productie van de melkkoeien (inclusief droogstand) tijdens ronde 2011 was gemiddeld  $31,1 \text{ kg melk dag}^{-1}$  en  $11369 \text{ kg}$

jaar<sup>-1</sup>. Het eiwitgehalte was gemiddeld 3,38%. Tijdens ronde 2011 werden 43 kalveren geboren. Bij het instrooien van de strooiselvloer werd voor ronde 2011 in totaal 950 m<sup>3</sup> houtsnippers gebruikt (311 ton). Bij het leeghalen van de stal werd 407 m<sup>3</sup> compost (225 ton) verwijderd. De compostlaag van 35 tot 40 cm dikte werd iedere dag losgefreesd en vier keer per dag een kwartier belucht. Dit betekent dat er behoorlijk intensief gecomposteerd werd.

Het composteringsproces in de bodem van deze vrijloopstal verschilt wezenlijk van gangbaar composteren. Een verschil is dat bij gangbaar composteren het beoogde materiaal in één keer wordt gemengd, waarna het composteringsproces start. Bij compostering in de vrijloopstal van Wiersma is bij de startsituatie sprake van een zeer energierijke en N-arme bodem (C/N-verhouding = 377) waaraan geleidelijk N wordt toegevoegd, tot aan het moment dat de compost wordt verwijderd. Een ander verschil is dat bij de compostering in de vrijloopstal van Wiersma het materiaal veel vaker wordt gekeerd (iedere dag). De composteringstemperatuur varieerde op 20 cm diepte tussen de 40 en 50°C.

#### 4.2.2 Methodiek en resultaten

In dit onderdeel wordt op hoofdlijnen een toelichting op de berekeningsmethodiek van de balansen gegeven. De N-aanvoer op de strooiselvloer splitst op in twee aanvoerposten: aanvoer met de ingestrooide houtsnippers en aanvoer met voer. De N-aanvoer met houtsnippers (164 kg N) is berekend op basis van de hoeveelheid ingestrooide houtsnippers en het N-gehalte van die snippers. De N-aanvoer met voer is voor de strooiselvloer berekend door eerst de N-aanvoer voor de hele vloer te berekenen, en daarna het deel dat aan de strooiselvloer toegewezen kan worden.

De N-aanvoer voor de hele vloer is berekend met behulp van het gevoerde rantsoen en het N-gehalte van dat rantsoen. Een overzicht van het gevoerde rantsoen en de N-, P-, en K-gehalten is gegeven in tabel 10. Door het gevoerde rantsoen te vermenigvuldigen met het N-gehalte, het aantal melkkoeien (45,4, zonder droogstand), en de periode (306 dagen), komt de totale N-aanvoer met het voer van de melkkoeien uit op 10321 kg. Dit is ook meteen de grootste N-aanvoerpost op de balans. De N-aanvoer met voer voor de droge koeien en de 9-maands drachtige vaarzen is berekend met behulp van de voeropnamecapaciteit, de samenstelling van het gevoerde rantsoen (50% kuilgras, 50% grashooi) en de bijbehorende verzadigingswaarden uit CVB (2007). De N-aanvoer met voer was voor de droge koeien 708 kg en voor de vaarzen 450 kg. De totale N-aanvoer met voer op de hele vloer was daarmee 11479 kg.

**Tabel 10 Samenstelling van het gevoerde rantsoen (kg ds of product) en gehalten N, P en K (g kg<sup>-1</sup> ds of product), voor de melkkoeien, droge koeien en drachtige vaarzen**

	Hoeveelheid	N	P	K
<b>Melkkoeien</b>				
Graskuil 1 <sup>e</sup> snede 2011	4	32,0	4,2	33,3
Graskuil juli 2011	6	32,3	4,2	39,0
Snijmaiskuil	8	12,0	1,6	14,0
Krachtvoer <sup>1)</sup>	11,5 <sup>2)</sup>	28,2	4,9	13,0
<b>Droge koeien</b>				
Graskuil, gemiddeld	5,7	27,7	4,2	34,1
Grashooi, gemiddeld	5,7	22,2	4,0	24,2
<b>Drachtige vaarzen</b>				
Graskuil, gemiddeld	4,2	27,7	4,2	34,1
Grashooi, gemiddeld	4,2	22,2	4,0	24,2

<sup>1)</sup> vooral Protex Gras; gegevens zijn samengesteld uit verschillende krachtvoercomponenten

<sup>2)</sup> hoeveelheid en gehalten bij krachtvoer in kg product; bij ruwvoer in kg ds

Door op de N-aanvoer met voer op de hele vloer de N-afvoerposten in mindering te brengen, kan de N-excretie met urine en feces op de hele vloer berekend worden. Afvoerposten zijn de N-afvoer met melk (2703 kg), de N vastgelegd in geboren kalveren (56 kg) en de N vastgelegd in groeiende vaarzen (70 kg). Eventuele N-vastlegging in melkkoeien is (conservatief) op 0 gesteld. Na aftrek van deze afvoerposten kan een N-excretie met urine en feces van 8650 kg op de hele vloer berekend worden. Om te bepalen hoeveel van de totale N-aanvoer op de strooiselvloer terecht komt, is gebruik gemaakt van de hoeveelheid P-excretie met urine en feces op de strooiselvloer. Deze kan berekend

worden door de P-aanvoer met houtsnippers (16 kg)<sup>1</sup> in mindering te brengen op de P-afvoer met compost (638 kg). Omdat P niet verloren gaat uit de bodem, is deze hoeveelheid (623 kg) dezelfde als die door de koeien oorspronkelijk is uitgescheiden. Door nu gebruik te maken van de N/P-verhouding van de urine en feces meteen na uitscheiding, kan de N-excretie op de strooiselvloer berekend worden. Hiervoor moet eerst nog de P-excretie op de hele vloer berekend worden, door op de P-aanvoer met voer voor de hele vloer de P-afvoerposten in mindering te brengen. Afvoerposten zijn de P-afvoer met melk (510 kg), de P vastgelegd in geboren kalveren (15 kg) en de P vastgelegd in groeiende vaarzen (23 kg). Eventuele P-vastlegging in melkkoeien is (conservatief) op 0 gesteld. Na aftrek van de afvoerposten kan een P-excretie voor de hele vloer van 1186 kg berekend worden. De verwachte N/P-verhouding van de uitgescheiden urine en feces kan nu berekend worden op 7,29, en de N-excretie met urine en feces op de strooiselvloer op 4542 kg, 53% van de N-excretie op de hele vloer.

Er dient echter nog wel gecontroleerd te worden of urine en feces in dezelfde verhouding op de strooiselvloer als op de hele vloer terecht komen. Dit kan door de verwachte P/K-verhouding van de uitgescheiden P en K op de hele vloer te vergelijken met de gerealiseerde P/K-verhouding op de strooiselvloer. Evenals P verdwijnt K niet uit de strooiselbodem. De verwachte P/K-verhouding is berekend volgens dezelfde methodiek als de verwachte N/P-verhouding, en bedraagt 0,128 voor de hele vloer. Om de gerealiseerde P/K-verhouding op de strooiselvloer te berekenen dient eerst nog de K-excretie met urine en feces op de strooiselvloer berekend te worden. Dit kan op dezelfde manier als voor P en resulteert in een hoeveelheid van 4134 kg K. De gerealiseerde P/K-verhouding wordt dan berekend op 0,151. De gerealiseerde P/K-verhouding op de strooiselvloer is daarmee hoger dan op de hele vloer. Omdat urine geen P, en het grootste deel van de uitgescheiden K bevat (Gustafson, 2000), betekent dit dat er op de strooiselvloer minder K uit urine en meer P en K uit feces terecht is gekomen. Omdat urine meer N bevat dan feces, heeft dit gevolgen voor de N/P-verhouding van de uitgescheiden urine en feces op de strooiselvloer; deze dient daarom gecorrigeerd te worden.

De afwijkingen in de verhouding van de met urine en feces gedeponeerde N, P of K, kan vastgesteld worden als bekend is hoe de verdeling van N, P, en K over urine en feces is. Voor N is de aanname dat 66% wordt uitgescheiden met urine en 34% met feces (Velthof et al., 2009). Van P wordt 0% uitgescheiden met urine en 100% met feces (vaste fysiologische verhouding). Voor K is de aanname dat 81% wordt uitgescheiden met urine en 19% met feces (Gustafson, 2000). Op basis van deze verdeling kunnen nu, met behulp van de verwachte P/K-verhouding, de relatieve hoeveelheden P en K berekend worden die met urine en feces worden uitgescheiden. Door daarna de verhouding urine en feces corresponderend te variëren, wijzigt de berekende P/K-verhouding. Bij een 11% lagere depositie van P en K met urine en een 11% hogere depositie met feces, is deze berekende P/K-verhouding op het niveau van de gerealiseerde P/K-verhouding van 0,151. Op basis van de gewijzigde verhoudingen kan nu ook de N/P-verhouding aangepast worden; deze daalt van 7,29 naar 6,38. De hoeveelheid op de strooiselvloer uitgescheiden N kan nu met behulp van de hoeveelheid uitgescheiden P berekend worden op 3975 kg; dit is 46% van de N-uitscheiding met urine en feces op de hele vloer. Dit percentage kan nu gebruikt worden om N-aan- en afvoerposten te verdelen over de strooisel- en roostervloer. De N-aanvoer met voer op de strooiselvloer kan nu berekend worden op 46% van 11479 en bedraagt 5275 kg. Inclusief de N-aanvoer met houtsnippers (169 kg) kan de totale N-aanvoer op de strooiselvloer berekend worden op 5439 kg.

De N-afvoer met compost kan berekend worden op basis van de afgevoerde hoeveelheid en het N-gehalte, en bedraagt 3461 kg. De afvoer met melk kan gesteld worden op 46% van de totale N-afvoer met melk voor de hele vloer (2703 kg) en bedraagt 1242 kg. De N-afvoer met geboren kalveren en door vastlegging in groeiende vaarzen worden eveneens gesteld op 46% van de afvoer voor de hele vloer en bedraagt respectievelijk 26 en 32 kg. De totale N-afvoer van de strooiselvloer valt dan te berekenen op 4762 kg; 678 kg minder dan de N-aanvoer. Dit betekent dat er 678 kg N vanaf de strooiselvloer is verdwenen (vervluchtigd), ofwel 17,0% van de op de strooiselvloer uitgescheiden N.

Om het N-verlies voor de hele vloer te berekenen, dient ook een N-balans voor de roostervloer opgesteld te worden. Op basis van het percentage N-uitscheiding met urine en feces op de strooiselvloer van 46% kan de uitscheiding op de roostervloer op 54% gesteld worden. Vrijwel alle aan- en afvoerposten zijn daarmee eenvoudig te berekenen, behalve de hoeveelheid N die uiteindelijk vervluchtigd is. De reden hiervoor is dat de N-afvoer met drijfmest niet is vastgelegd. Deze kan echter

<sup>1</sup> Als P-gehalte van de houtsnippers is voorlopig 0,05 g kg<sup>-1</sup> aangenomen, in afwachting van een definitieve analyse

wel geschat worden door gebruik te maken van gemiddelde verliespercentages voor dit type vloer. Uit Velthof et al. (2009) valt af te leiden dat de totale N-verliezen in de stal bij permanent gangbaar opstallen in Nederland gemiddeld 8,9% bedragen (waarvan 8,4% in de vorm van  $\text{NH}_3$ ). Omdat op de roostervloer 11% meer N uit urine gedeponeed wordt dan op de strooiselvloer, en omdat de ammoniakale N in urine in hoofdzaak verantwoordelijk is voor het N-verlies uit drijfmest in de ligboxenstal, moet deze emissiefactor hiervoor gecorrigeerd worden. Dit kan door de emissiefactor pragmatisch te verhogen met (relatief) 15,9% (10,5/66). De emissiefactor komt dan uit op 10,3%. Hieruit kan het N-verlies voor de roostervloer berekend worden op 480 kg (tabel 11). Daaruit volgt dat er met drijfmest 4195 kg N is afgevoerd. Uit combinatie van de N-verliezen voor de strooiselvloer en roostervloer blijkt dat het percentage N-verlies voor de hele vloer 13,4% van de totaal uitgescheiden N is. Bij een totaal van 60,5 dierplaatsen (45,4 melkkoeien, 8,1 droge koeien, 7 negenmaands drachtige vaarzen) bedraagt het totale N-verlies dan 22,8 kg per dierplaats per jaar. Een overzicht van de N-balans is gegeven in tabel 11

**Tabel 11 N-balans voor de strooiselvloer, roostervloer en totale vloer van de vrijloopstal van Wiersma, tussen 15 januari en 17 november 2011, in kg N**

	Strooiselvloer	Roostervloer	Totale vloer
Aanvoer met houtsnippers	164	0	164
Aanvoer met voer waarvan	5275	6204	11479
<i>naar urine en feces</i>	3975	4675	8650
<i>naar melk</i>	1242	1461	2703
<i>vastlegging</i>	58	68	126
<b>Totale aanvoer</b>	<b>5439</b>	<b>6204</b>	<b>11643</b>
Afvoer met			
<i>compost en drijfmest</i>	3461	4195	7656
<i>melk</i>	1242	1461	2703
<i>geboren kalveren</i>	26	30	56
Vastlegging in vaarzen	32	38	70
Afvoer door emissies in stal	678	480	1157
<b>Totale afvoer</b>	<b>5439</b>	<b>6204</b>	<b>11643</b>

Op basis van de al berekende posten kan een deel van de P-balans worden ingevuld. De verdeling over strooiselvloer en roostervloer van de P-aanvoer met voer, de P-afvoer met melk en de P-afvoer door vastlegging in kalveren en vaarzen, kan vastgesteld worden op basis van het percentage P-excretie op de strooiselvloer (53%). Op basis hiervan kunnen alle andere posten voor de strooisel- en roostervloer afgeleid worden. Een overzicht van de P-balans is gegeven in tabel 12.

**Tabel 12 P-balans voor de strooiselvloer, roostervloer en totale vloer van de vrijloopstal van Wiersma, tussen 15 januari en 17 november 2011, in kg P**

	Strooiselvloer	Roostervloer	Totale vloer
Aanvoer met houtsnippers	16	0	16
Aanvoer met voer waarvan	911	824	1735
<i>naar urine en feces</i>	623	563	1186
<i>naar melk</i>	268	242	510
<i>vastlegging</i>	20	18	39
<b>Totale aanvoer</b>	<b>926</b>	<b>824</b>	<b>1751</b>
Afvoer met			
<i>compost en drijfmest</i>	638	564	1202
<i>melk</i>	268	242	510
<i>geboren kalveren</i>	8	7	15
Vastlegging in vaarzen	12	11	23
Afvoer door emissies in stal	0	0	0
<b>Totale afvoer</b>	<b>926</b>	<b>824</b>	<b>1751</b>

Op basis van de al berekende posten kan een deel van de K-balans worden ingevuld. De verdeling over strooiselvloer en roostervloer van de K-aanvoer met voer, de K-afvoer met melk en de K-afvoer door vastlegging in kalveren en vaarzen, kan vastgesteld worden op basis van het percentage K-excretie op de strooiselvloer (45%). Op basis hiervan kunnen alle andere posten voor de strooisel- en roostervloer afgeleid worden. Een overzicht van de K-balans is gegeven in tabel 13.

**Tabel 13 K-balans voor de strooiselvloer, roostervloer en totale vloer van de vrijloopstal van Wiersma, tussen 15 januari en 17 november 2011, in kg K**

	Strooiselvloer	Roostervloer	Totale vloer
Aanvoer met houtsnippers	137	0	137
Aanvoer met voer waarvan	4500	5587	10087
<i>naar urine en feces</i>	4134	5132	9266
<i>naar melk</i>	364	452	816
<i>vastlegging</i>	2	3	5
<b>Totale aanvoer</b>	<b>4637</b>	<b>5587</b>	<b>10224</b>
Afvoer met			
<i>compost en drijfmest</i>	4271	5132	9403
<i>melk</i>	364	452	816
<i>geboren kalveren</i>	2	2	4
Vastlegging in vaarzen	0	1	1
Afvoer door emissies in stal	0	0	0
<b>Totale afvoer</b>	<b>4637</b>	<b>5587</b>	<b>10224</b>

Naast de N-, P-, en K-balans kan ook een indicatieve C-balans berekend worden. Deze is indicatief omdat de drijfmestexcretie door het melkvee niet is gemeten maar wordt geschat. De drijfmestexcretie van de melkkoeien is, op basis van KWIN-cijfers (summerfeeding, rantsoen 50% graskuil/50% snijmaïskuil, melkproductie van 11369 kg koe<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>) geschat op 35,3 ton koe<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> (KWIN, 2011). Bij 53,5 melkkoeien, een periode van 306 dagen, en een aangenomen drogestofgehalte in de drijfmest van 8,5%, is de door de melkkoeien uitgescheiden hoeveelheid droge mest op de hele vloer te berekenen op 134579 kg. Mestproducties voor 9-maands drachtige vaarzen zijn niet bekend; een pragmatische benadering is om de verhouding in drogestofopname tussen de vaarzen en de melkkoeien (tabel 10) te gebruiken als verhouding voor de mestproductie. De mestproductie van de vaarzen is bij deze benadering 10,1 ton vaars<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>, en bij gebruik van dezelfde gegevens als voor de melkkoeien is de totale excretie van droge mest 5022 kg. De totale excretie van droge mest op de hele vloer bedraagt daarmee 139601 kg. Bij een percentage C in de drogestof van runderdrijfmest van 41% (De Boer & Bloem, 2010) komt de C-aanvoer op de hele vloer dan uit op 57236 kg. Het percentage van de totale C-aanvoer dat op de strooiselvloer terecht komt, kan weer afgeleid worden van het percentage N dat op de strooiselvloer terecht komt (46%). Daarmee kan een C-aanvoer met mest op de strooiselvloer van 26302 kg worden berekend. Op basis van de aangevoerde houtsnippers en het C-gehalte daarin, kan een C-aanvoer met houtsnippers van 61796 kg berekend worden. De C-afvoer met compost kan volgens dezelfde methodiek berekend worden op 36188 kg. Hieruit volgt dat er in totaal 51910 kg C is verdwenen tijdens de compostingsronde, ofwel 59% van de C aangevoerd met houtsnippers en mest. Het merendeel van deze C is geëmitteerd als CO<sub>2</sub> en een relatief klein deel als CH<sub>4</sub>.

#### 4.3 Discussie

Bij het opstellen van de balansen is een deel van de informatie gemeten en een deel aangenomen. Bij de N-balans zijn de 'zwakke' punten van de balans vooral de N-, P-, en K-aanvoer met het ruwvoerantsoen van de melkkoeien; de ds-opname van het ruwvoer is door de melkveehouder opgegeven en daar kan wat afwijking omheen zitten. Bij een 10% lagere of 10% hogere aanvoer van ruwvoer voor de melkkoeien dan opgegeven, is het N-verlies op de strooiselvloer 17,3% of 16,8%, in plaats van 17,0%. De mogelijke afwijkingen op dit punt zijn daarmee klein. Een ander klein 'zwak' punt is de NPK-aanvoer met het rantsoen van de droge koeien en vaarzen; deze is berekend op basis van de voeropnamecapaciteit etc. uit CVB (2007) en op basis van het globale gevoerde rantsoen. Omdat overblijvende resten van het rantsoen van de melkkoeien aan de droge koeien en vaarzen werden gevoerd, kan in dat geval hun opname van kuilgras en grashooi lager zijn geweest dan berekend, en daarmee ook de NPK-aanvoer. Daardoor kan het N-verlies op de strooiselvloer licht overschat zijn. Voor berekening van het N-verlies van de roostervloer, en daarvan afgeleid ook de afvoer van N met



drijfmest, is gebruik gemaakt van een gemiddeld N-verliespercentage bij jaarrond gangbaar opstallen. In de specifieke situatie van Wiersma kan het werkelijk verlies hoger of lager zijn geweest, dus ook om dit punt zit wat onduidelijkheid. Bij toerekening van het percentage N-excretie met urine en feces aan de strooiselvloer is gebruik gemaakt van het verschil tussen gerealiseerde P/K-verhouding op de strooiselvloer ten opzichte van de verwachte P/K-verhouding voor de hele vloer. Als dit niet was gedaan, was het percentage N-verlies op de strooiselvloer uitgekomen op 27,4% in plaats van 17,0%. De gemeten P/K-verhouding op de strooiselvloer, en eventuele afwijkingen daarin, hebben daarmee een relatief grote invloed op het berekende verliespercentage.

In de C-balans kan relatief veel onzekerheid zitten, omdat de werkelijke excretie van urine en feces niet bekend zijn. Om deze reden is er ook voor gekozen om voor het percentage drijfmestexcretie op strooiselvloer en roostervloer gebruik te maken van de percentages zoals berekend voor de N-excretie; specifieke aanpassingen voor verschillen in verhouding drogestofexcretie met urine en feces tussen strooiselvloer en roostervloer vallen naar verwachting ruim binnen overige onzekerheidsmarges, waardoor deze minder zinvol zijn.

#### **4.4 Conclusies**

- Het totale N-verlies van de strooiselvloer was 17,0% van de N-excretie met urine en feces
- Bij aanname van een totaal N-verlies van 10,3% van de roostervloer was het totale N-verlies voor de hele vloer 13,4% van de N-excretie
- Van de N-excretie kwam 46% op de strooiselvloer terecht en 54% op de roostervloer; van de P-excretie respectievelijk 53% en 47% en van de K-excretie respectievelijk 45% en 55%
- Tijdens de compostering ging 59% van de met houtsnippers en mest aangevoerde C verloren naar de atmosfeer

## 5 Emissiemetingen bodem met een fluxkamer

### 5.1 Inleiding

De resultaten van de balansmethode die in hoofdstuk 4 zijn beschreven zeggen iets over de verliezen van stikstof (N) die optreden in stal en daarbuiten. De balansmethode geeft echter geen inzicht in de vorm waarin die verliezen plaatsvinden. Het is aannemelijk dat de verliezen in de stal grotendeels gasvormige verliezen zijn. Te verwachten valt dat in ieder geval ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en mogelijk ook lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) gevormd wordt en emitteert. Daarom is de emissie van deze twee (stikstofhoudende) gasen bepaald. Naast de stikstofverliezen streden mogelijk ook verlies van gasvormig koolstof (C) op in de vorm van methaan ( $\text{CH}_4$ ) en kooldioxide ( $\text{CO}_2$ ). Beide zijn broeikasgassen evenals  $\text{N}_2\text{O}$ . Doel van de metingen is inzicht te krijgen in de gasvormige verliezen van stikstof en methaan uit deze vrijloop bodem. In dit hoofdstuk zullen de resultaten van de emissiemetingen besproken worden.

### 5.2 Methode

Voor de bepaling van de gasvormige emissie is een open fluxkamer (dynamische meetbox) gebruikt. Dat is een rechthoekige box met een open onderkant die op de compostbodem wordt geplaatst. Met een ventilator wordt een luchtstroom over het oppervlak opgewekt. In de ingaande en uitgaande luchtstroom worden de concentraties van de verschillende gasen bepaald. Met dit concentratieverschil, de luchthoeveelheid en het emitterend oppervlak is de emissie in mg per  $\text{m}^2$  per uur uit te rekenen. Deze methode en de gebruikte box is beschreven in Mosquera et al. (2010). Het emitterend oppervlak is bij deze box  $5,5 \text{ m}^2$ .

Door de box wordt lucht gezogen met een ventilator die in de leiding van de uitgaande lucht is aangebracht. De ventilator (Fancom FMS 35 met een Fancom FCTA regelaar) heeft een diameter van 35 cm en een maximaal debiet van  $3000 \text{ m}^3/\text{uur}$ . Het debiet is ingesteld op 24% van het maximum. Dit is ca  $720 \text{ m}^3$  per uur en komt overeen met een luchtsnelheid in de box van 0,20 m/s. Het werkelijke debiet is gemeten met een meetwaaier en gebruikt voor verdere berekeningen.

De temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) en relatieve vochtigheid (%) van de stallucht is in de directe omgeving van de meetbox gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®).

De gasconcentratie voor ammoniak, methaan, lachgas en kooldioxide van de in- en uitgaande lucht is gemeten met twee Innova's van het type 1312. Tijdens de metingen in 2011 zijn monsters genomen van het bodemmateriaal. Daarbij is een mengmonster gemaakt uit deelmonsters die genomen zijn op verschillende plekken van de compostbodem. Zowel in 2010 als in 2011 zijn metingen van de bodemtemperatuur gedaan. In 2011 is tevens het zuurstofgehalte in de bodem bepaald met een zuurstofmeter van de firma Eijkelkamp.

### 5.3 Resultaten en discussie

In tabel 14 is aangegeven op welke dagen emissiemetingen zijn uitgevoerd en hoeveel metingen per dag op welke ondergrond zijn gedaan.

**Tabel 14** Overzicht van aantal boxmetingen per meetdag 2010 en 2011

Datum	Compostbodem	Roostervloer
9 september 2010	2	2
12 oktober 2010	3	2
23 maart 2011	4	
26 juli 2011	4	
24 oktober 2011	4	

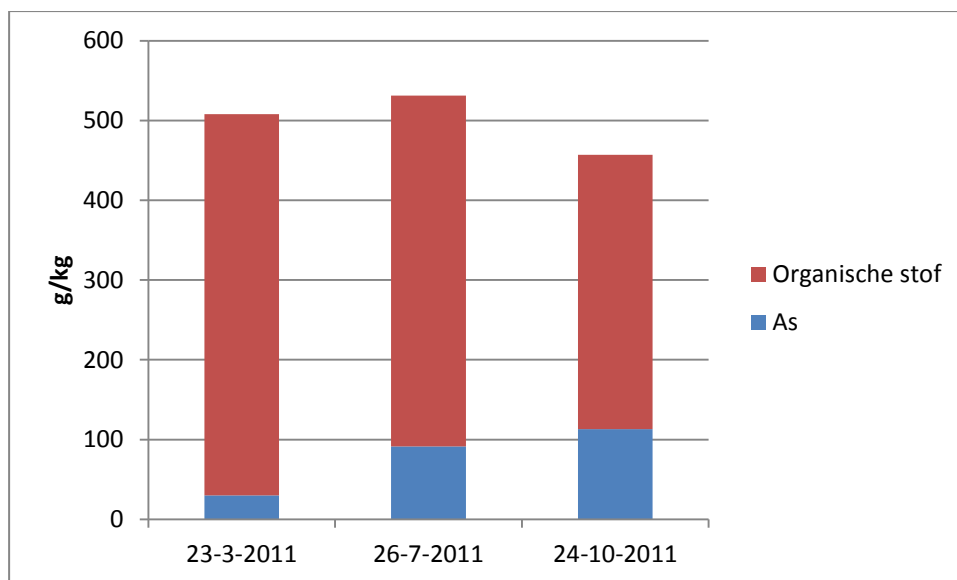
Vanwege de wijzigingen in het management die eind 2010 hebben plaatsgevonden is ervoor gekozen de resultaten verder per jaar weer te geven. Op 7 februari 2012 zijn aanvullend metingen van de bodemtemperatuur gedaan.

5.3.1 Samenstelling bodem

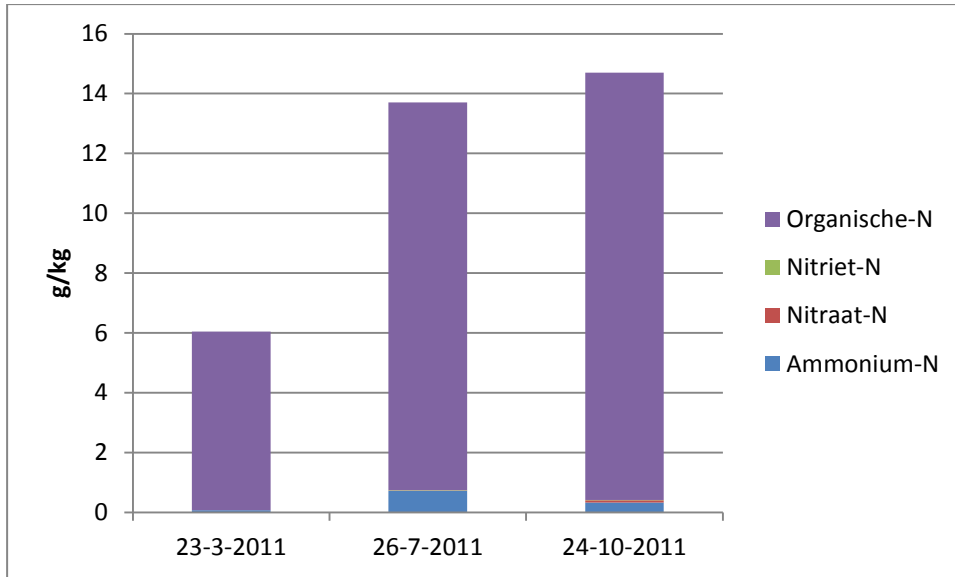
De samenstelling van het mengmonster genomen tijdens emissiemetingen is weergegeven in tabel 15 en figuur 12, figuur 13 en figuur 14.

**Tabel 15 Resultaten van analyse van bodemmateriaal (-: niet bepaald)**

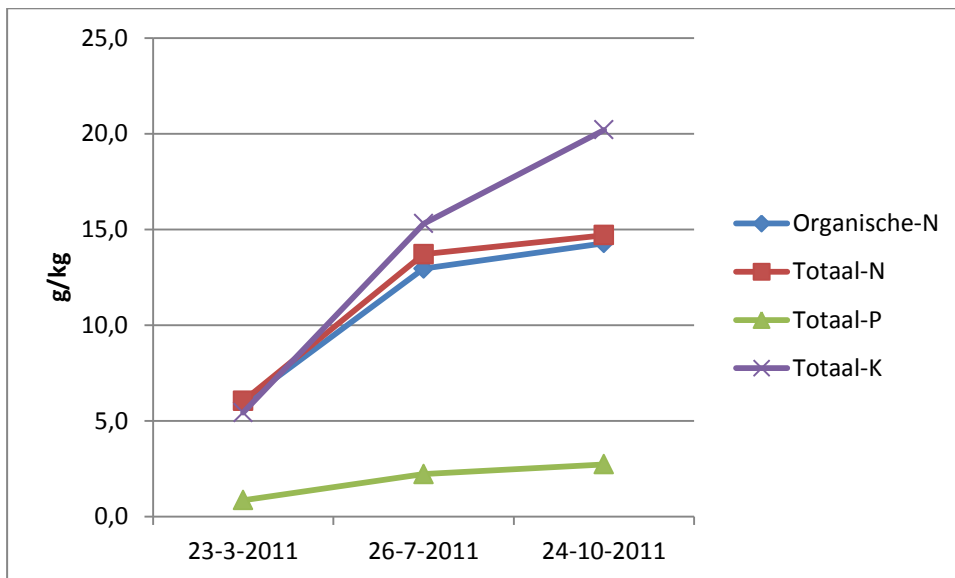
	Eenheid	23 maart 2011	26 juli 2011	24 oktober 2011
Ammonium-N	g/kg	0,078	0,726	0,329
Nitraat-N	g/kg		0,01	0,079
Nitriet-N	g/kg		0,01	0,01
Organische-N	g/kg	6,0	13,0	14,3
Totaal-N	g/kg	6,0	13,7	14,7
Totaal-P	g/kg	0,86	2,22	2,73
Totaal-K	g/kg	5,43	15,3	20,2
Droge stof	g/kg	508	531	457
As	g/kg	30	91,3	113
Organische stof	g/kg	478	440	344
Totaal-C	g/kg		231	179
pH		-	8,8	8,8



**Figuur 12** Verloop van het droge stofgehalte en de verdeling tussen organische stof en as in de bodem in 2011



**Figuur 13** Verloop van het stikstofgehalte en de verdeling tussen verschillende stikstofcomponenten in de bodem in 2011

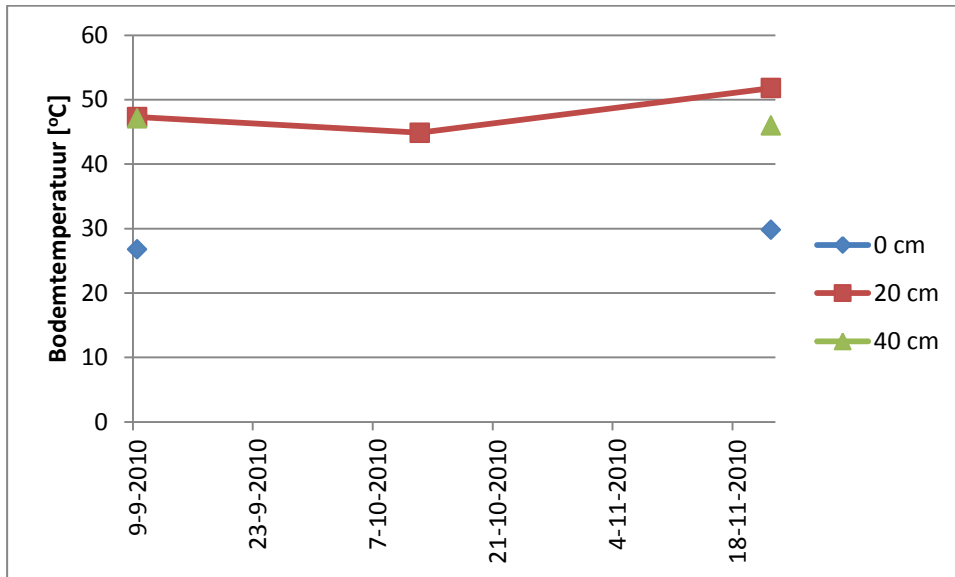


**Figuur 14** Verloop van stikstof-, fosfaat- en kaliumgehalte in de bodem in 2011

Het fosfaat- en kaliumgehalte in de bodem nemen in de loop van de tijd bijna lineair toe. Dit is niet verwonderlijk aangezien er een constante aanvoer van beide mineralen is in de vorm van de mest en urine die op het ligbed terecht komt en erdoor wordt gemengd en er geen verlies optreedt. Ook het stikstofgehalte neemt in de eerste periode toe maar vlak daarna af. De toevoer van stikstof vindt ook plaats door de mest en de urine maar hier kan wel sprake zijn van (gasvormig) verlies. Het gehalte organisch gebonden stikstof heeft een vrijwel gelijk verloop. Aangenomen dat de verticale verdeling van stikstof niet is veranderd zijn deze resultaten een aanwijzing dat het verlies van stikstof toeneemt naarmate de compostbodem ouder wordt. Omdat het hier echter om een monster van de bovenste laag gaat kan op basis van deze analyses niet met zekerheid gesteld worden dat de verandering van het stikstofgehalte niet het gevolg is van een andere verticale verdeling over de bodem. Het droge stofgehalte neemt in de loop van de tijd licht af. Dit kan het gevolg zijn van verdergaande compostering waardoor het organische deel van de droge stof wordt afgebroken. De stijging van het droge stofgehalte en de absolute toename van het asgehalte kan verklaard worden uit de input van mest en urine door de dieren.

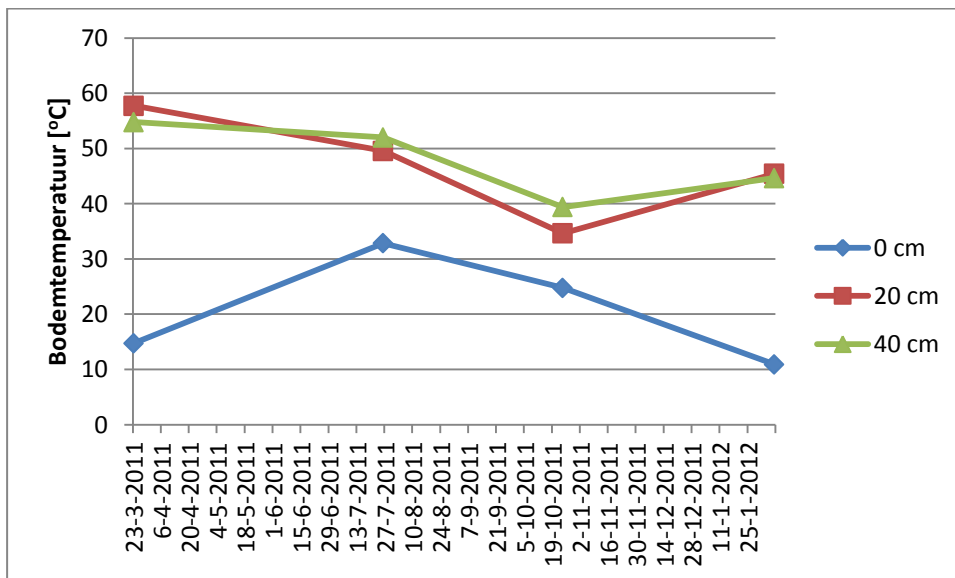
5.3.2 Bodemtemperatuur en zuurstofgehalte

Het verloop van de bodemtemperatuur is voor 2010 weergegeven in figuur 15 en voor 2011 in figuur 16. Het verloop van het zuurstofgehalte in de bodem in 2011 is weergegeven in figuur 17.



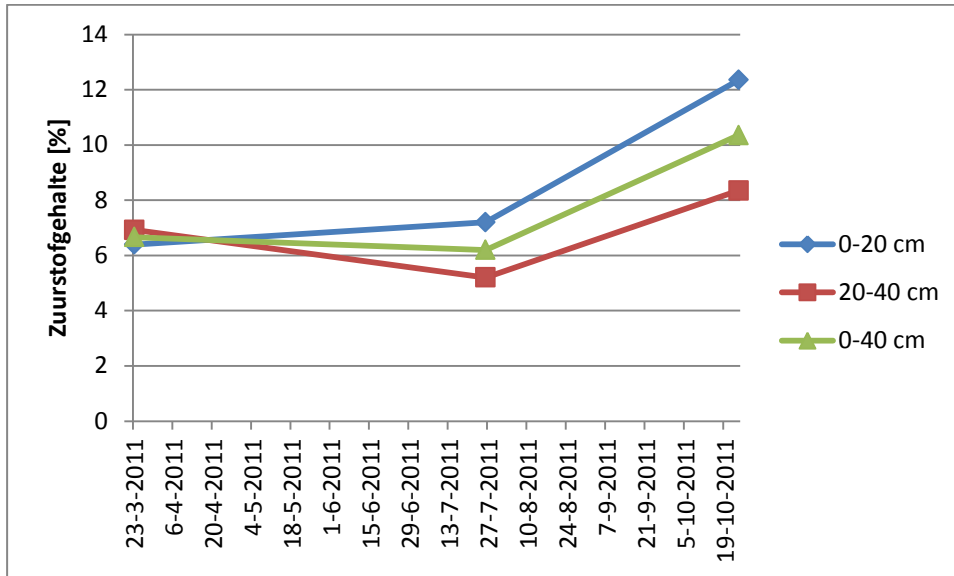
**Figuur 15** Verloop bodemtemperatuur in 2010

De temperatuurmetingen op 12 oktober aan het oppervlak en op een diepte van 40 cm zijn mislukt waardoor op deze dieptes alleen de metingen op 9 september en 22 november beschikbaar zijn. De temperatuur op 20 cm diepte die wel op drie momenten is gemeten vertoont weinig variatie. Ook de beschikbare metingen op andere dieptes laten weinig variatie zijn. Duidelijk is dat de temperatuur aan het oppervlak lager is dan dieper in de bodem.



**Figuur 16** Verloop bodemtemperatuur in 2011

Het verloop van de temperatuur aan het oppervlak is hoger tijdens de meting op 26 juli vergeleken met de andere twee metingen. Waarschijnlijk is de (hogere) omgevingstemperatuur tijdens de zomer hier de oorzaak van. In de diepere lagen is er een duidelijk afname van de temperatuur te zien tot eind 2011. Ook dit kan beïnvloed worden door de buitentemperatuur maar waarschijnlijk ook een gevolg van afnemende compostingsactiviteit. Dit wordt bevestigd door de toename van de bodemtemperatuur in het begin van 2012. Juist tijdens een erg koude periode is de bodemtemperatuur toch gestegen.



**Figuur 17** Verloop zuurstofgehalte in bodem in 2011

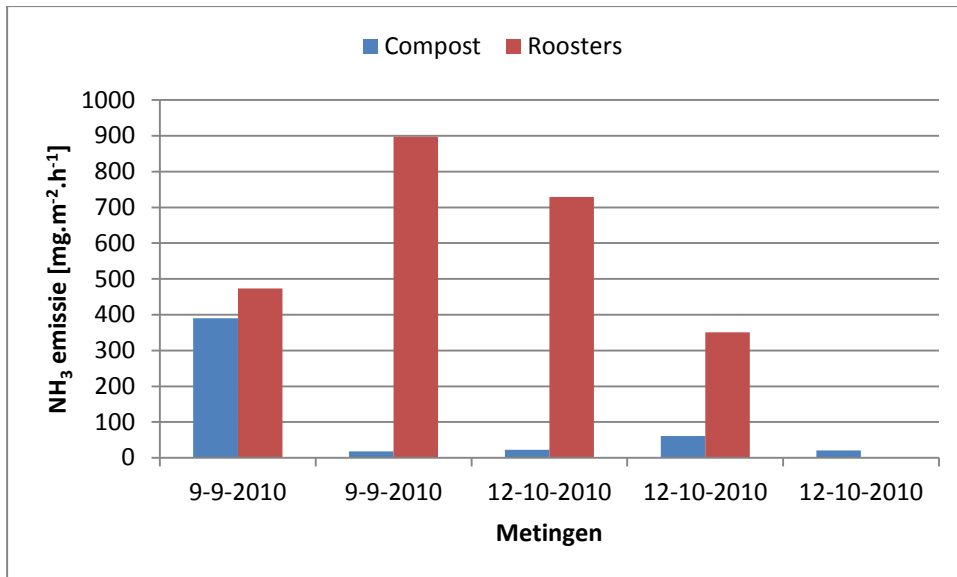
Het zuurstof gehalte in de bovenste 20 cm is bij de meting in maart vrijwel gelijk aan het zuurstofgehalte in de laag tussen 20 en 40 cm diepte. De bodem is op dat moment nog vrij jong en de porositeit is daardoor ook in de onderste laag nog goed. De bovenste laag wordt bewerkt. Dat is waarschijnlijk de reden dat het zuurstofgehalte in deze (bovenste) laag bij de volgende meting iets is gestegen terwijl de temperatuur in de onderste laag is gedaald. Deze daling zou het gevolg kunnen van afnemende deeltjesgrootte en toenemende dichtheid (door het berijden en belopen van de bodem) die samen voor minder porositeit zorgen. Bij de laatste meting is het zuurstofgehalte in beide lager opmerkelijk hoger. Mogelijk dat hier tijdens of net na het beluchten van de bodem is gemeten. De zuurstofgehalten liggen allemaal op voldoende hoog niveau, hetgeen betekent dat het niet waarschijnlijk is dat zuurstof de belemmerende factor voor het composteringsproces is geweest. .

### 5.3.3 Ammoniak

Resultaten ammoniakemissie van metingen in 2010 in mg per m<sup>2</sup> per uur zijn weergegeven in tabel 16 en figuur 18.

**Tabel 16 Resultaten ammoniakemissie 2010 in mg per m<sup>2</sup> per uur**

Datum	Compost	Rooster
9 september 2010	193	641
12 oktober 2010	32	505
Gemiddelde	105	565



**Figuur 18** Ammoniakemissie per meting in 2010

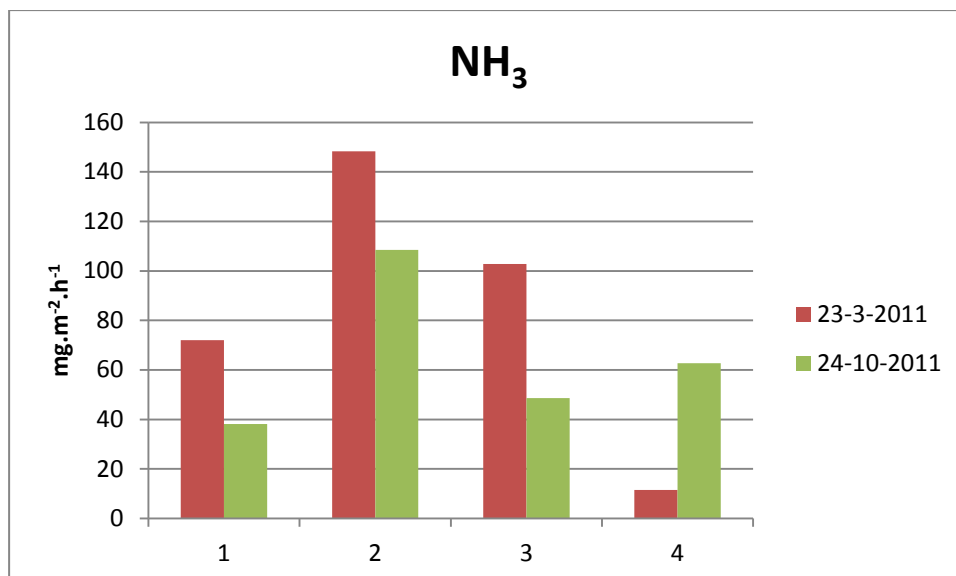
Door de onwaarschijnlijke resultaten van een aantal broeikasgasmetingen op 9 september bestaat ook enige twijfel over de juistheid van de uitkomsten ten aanzien van ammoniak. Er is een duidelijk verschil tussen de ammoniakemissie van de roosters en het ligbed. Per m<sup>2</sup> is de emissie van het ligbed veel lager dan van de roosters. De emissie van de roosters is overigens ook een stuk lager als eerder gemeten bij andere stallen. Mogelijk dat het grote beschikbare roosteroppervlak per dier hier een rol in speelt. De variatie tussen metingen is zowel bij de metingen op de roosters als op het ligbed groot.

De emissie per m<sup>2</sup> van de roosters is ongeveer de helft van wat in andere projecten gemeten is op een roostervloer. Bij Wiersma is echter ook (achter het voerhek) bijna twee keer zoveel roostervloer per dier beschikbaar als gebruikelijk is. Voor de berekening van de verhouding tussen de ammoniakemissie per dier uit een ligboxenstal en uit een vrijloopstal is daarom met het gemiddelde van 1200 mg NH<sub>3</sub> per m<sup>2</sup> het uur gerekend. Aangenomen is verder dat de dieren in de vrijloopstal 15 m<sup>2</sup> gecombineerd lig- en loopruimte hebben en 2 m<sup>2</sup> roostervloer achter het voerhek. In een ligboxenstal is 4 m<sup>2</sup> per dier roostervloer beschikbaar. Wanneer deze uitgangspunten gekozen worden is de ammoniakemissie per dier in de vrijloopstal 83% van die van een ligboxenstal. Als alleen de resultaten van 12 oktober meegenomen worden bedraagt de ammoniakemissie per dier maar 60% van die uit een ligboxenstal.

In figuur 19 en tabel 17 staan de resultaten van de metingen 2011 weergegeven.

**Tabel 17** Resultaten ammoniakemissie 2011 in mg per m<sup>2</sup> per uur

Datum	NH <sub>3</sub>
23 maart 2011	84
26 juli 2011	-734
24 oktober 2011	65
Gemiddelde	-195
Gemiddelde (zonder 26/7/2012)	74



**Figuur 19** Ammoniakemissie per meting in 2011

Twee van de vier ammoniakmetingen op 26 juli 2011 en ook meerder broeikasgasmetingen laten erg onwaarschijnlijk resultaten zien. Het is waarschijnlijk dat er bij de metingen op die dag iets is misgegaan. Daarom is besloten de resultaten van die dag niet mee te nemen in verdere berekeningen. Wel zijn alle resultaten opgenomen in tabel 17 en zijn de grafieken inclusief deze resultaten opgenomen in een bijlage 2. Ook hier is de variatie tussen metingen op beide meetdagen groot. Het niveau van de ammoniakemissie uit de bodem is vergelijkbaar met dat uit 2010. Met gelijke uitgangspunten bedraagt de relatieve ammoniakemissie per dier uit de vrijloopstal op basis van de resultaten uit 2011 73% van die van een ligboxenstal.

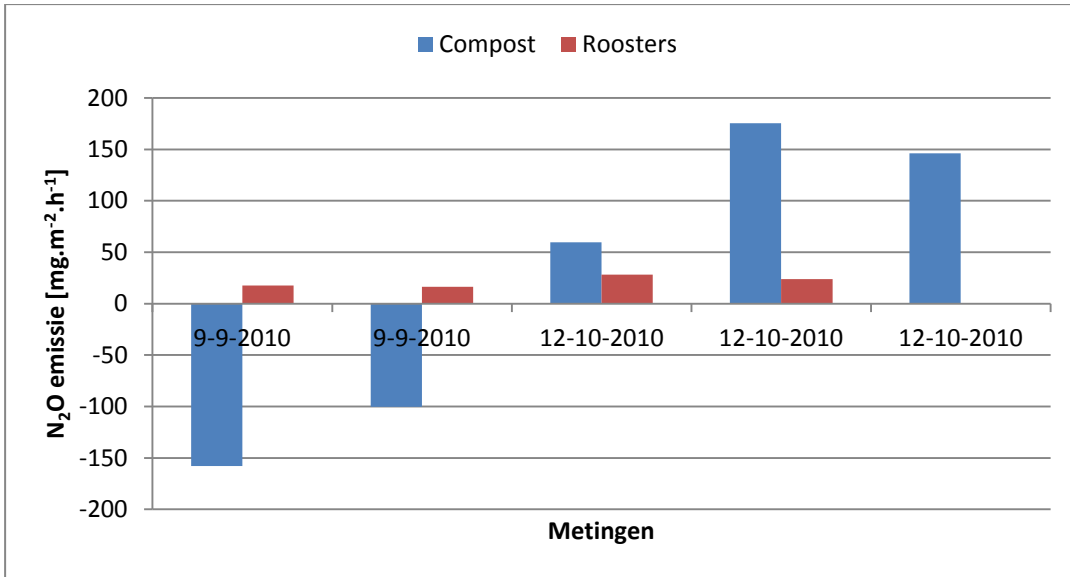
#### 5.3.4 Broeikasgassen

De resultaten van de broeikasgasmetingen in 2010 zijn weergegeven in tabel 18, figuur 20, figuur 21 en figuur 22.

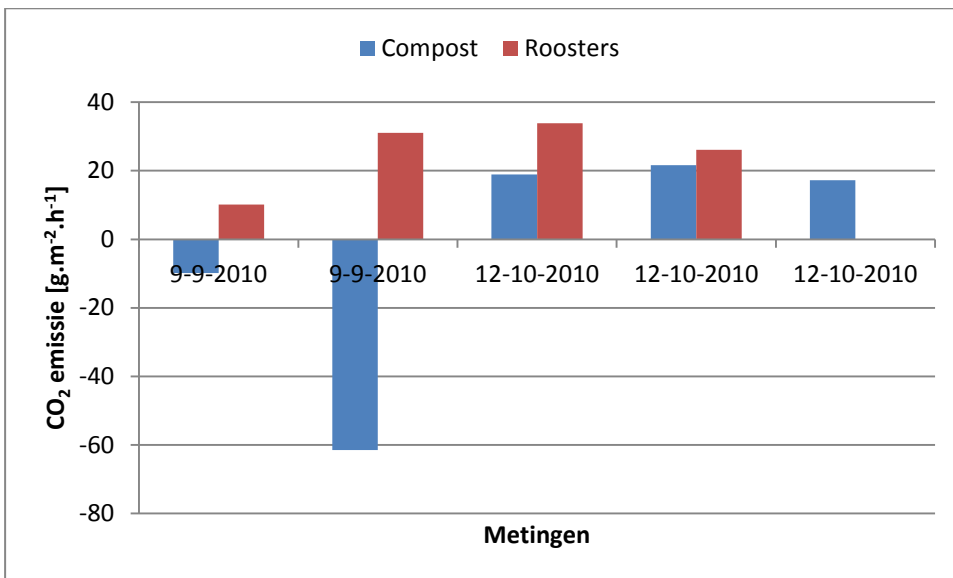
**Tabel 18** Overzicht resultaten broeikasgasmetingen in 2010 in mg/m<sup>2</sup>/h behalve CO<sub>2</sub> (g/m<sup>2</sup>/h)

Datum	Compost			Roosters		
	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
9 september 2010	-127	422	-37	17	1109	18
12 oktober 2010	126	133	19	26	4816	29
Gemiddelde	12	263	-6	22	3172	24

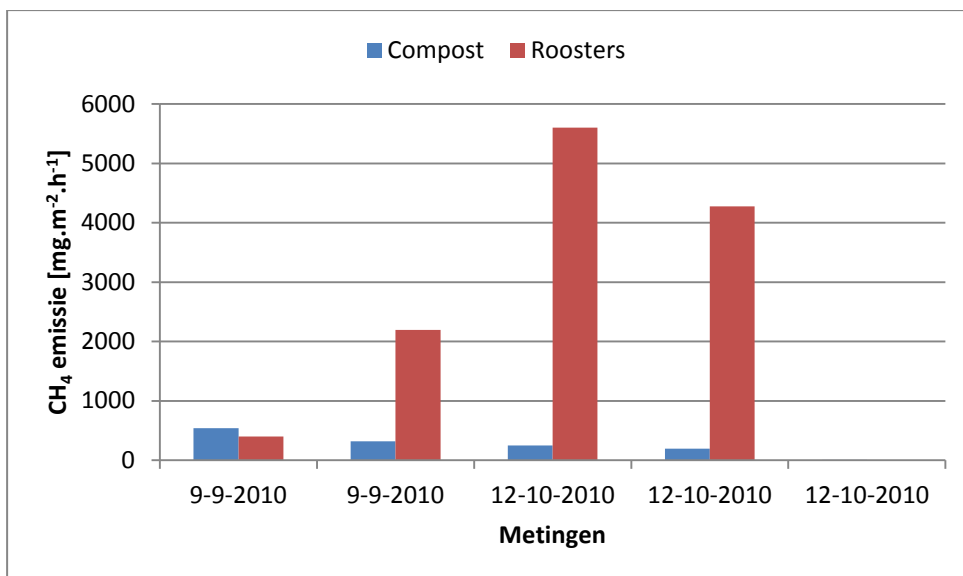




**Figuur 20** Lachgasemissie van compostbodem en rooster in 2010



**Figuur 21** Kooldioxide emissie van compostbodem en roosters in 2010

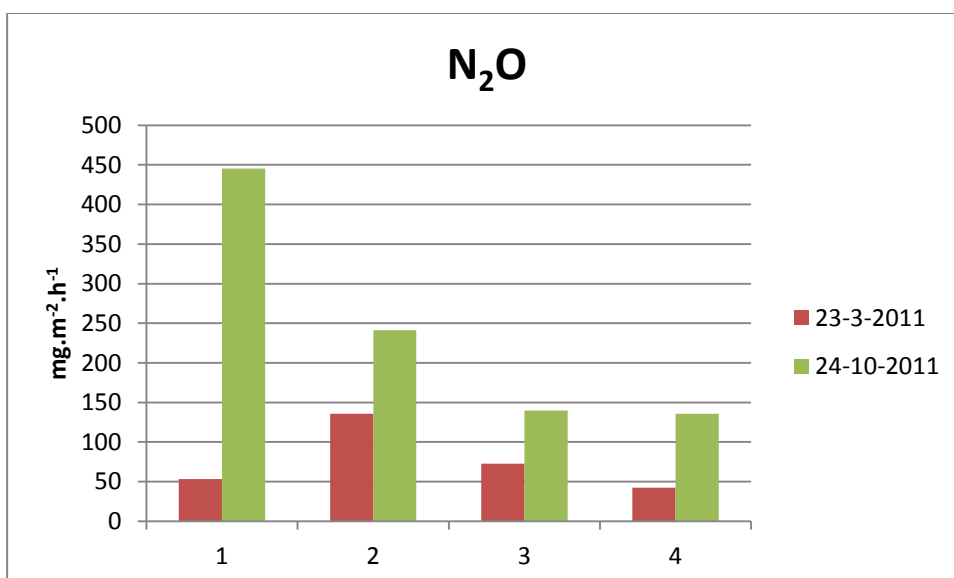


**Figuur 22** Methaanemissie van compostbodem en roosters in 2010

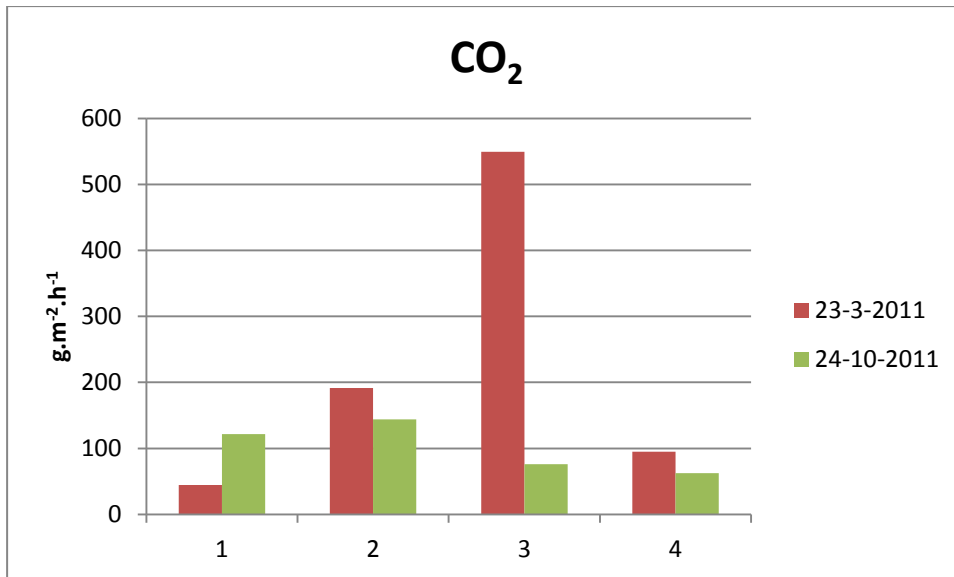
De lachgas- en kooldioxidemetingen op 9 september geven geen zinnvolle resultaten. Dit kan te maken hebben met een foutieve meting op met het feit dat concentraties van ingaande en uitgaande lucht erg weinig van elkaar verschillen. Daardoor kan soms de situatie ontstaat dat ingegaande concentraties hoger zijn dan uitgaande concentraties. Hierdoor ontstaat een negatieve emissies. Dit effect treedt alleen op bij de metingen op 26 juli. Omdat daardoor twijfel over de juistheid van deze metingen is ontstaan is besloten de emissies ook uit te rekenen zonder deze resultaten mee te nemen.

**Tabel 19** Overzicht resultaten broeikasgasmetingen in 2011 in mg/m<sup>2</sup>/h behalve CO<sub>2</sub> (g/m<sup>2</sup>/h)

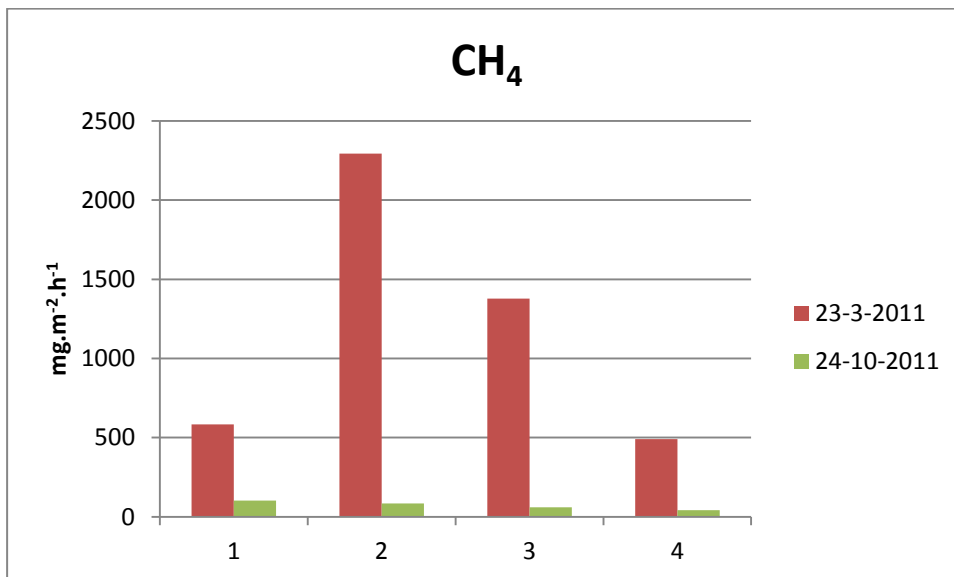
Datum	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
23 maart 2011	76	1186	220
26 juli 2011	-52	-628	-134
24 oktober 2011	241	72	101
Gemiddelde	88	210	62
Gemiddelde (zonder 26/7/2012)	158	629	161



**Figuur 23** Lachgasemissie van compostbodem in 2011



**Figuur 24** Kooldioxide emissie van compostbodem in 2011

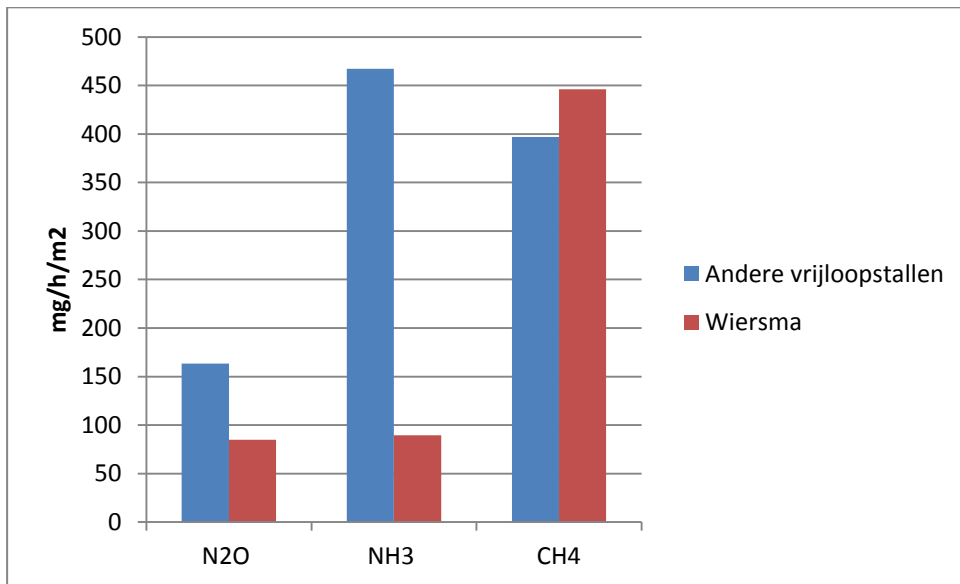


**Figuur 25** Methaanemissie van compostbodem in 2011

De variatie tussen meetdagen en tussen meetplekken binnen dagen is erg groot. Hierdoor is de onzekerheid over de broeikasgasemissie groot en is het niet mogelijk om stellige uitspraken te doen. Het niveau van de broeikasgasemissie lijkt (vooral voor methaan en kooldioxide) in 2011 echter hoger te liggen dan in 2010. Er lijkt sprake te zijn van een hogere lachgasemissie uit de compostbodem vergeleken met de roostervloer. In dat geval moet er rekening gehouden worden met een afwenteling van de gasvormige stikstofverliezen van ammoniak naar lachgas. De emissie van methaan lijkt juist lager bij de compostbodem in vergelijking met de roostervloer.

## 5.4 Vergelijking met andere vrijloopstallen

In vergelijking met andere vrijloopstallen scoort Wiersma op gebied van ammoniak duidelijk beter, wat betreft de lachgasemissie iets beter en wat betreft methaanemissie iets slechter. Maar ook hier geldt dat de variatie tussen en binnen meetdagen voor zowel Wiersma als de andere vrijloopstallen groot is.



**Figuur 26** Vergelijking met andere vrijloopstallen voor ammoniak, lachgas- en methaanemissie

## 5.5 Conclusies

De ammoniakemissie per m<sup>2</sup> van de compostbodem ligt beduidend lager dan de emissie van een roostervloer. Zelfs als die emissie van de roostervloer zoals gemeten bij Wiersma ongeveer de helft bedraagt van wat gebruikelijk is. Bij gekozen uitgangspunten varieert de relatieve ammoniakemissie per dier uit de vrijloopstal tussen de 60% en 83% van die van een ligboxenstal.

Broeikasgasemissie variëren erg tussen en binnen meetdagen. Er lijkt echter sprake te zijn van een hogere lachgasemissie vergeleken met een roostervloer. De methaanemissie daarentegen is weer lager. In vergelijking met andere vrijloopstallen scoort Wiersma wat betreft ammoniak- en lachgasemissie beter en wat betreft methaanemissie slechter.

## 6 Emissie van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> tijdens opslag en aanwending van vrijloopcompost

### 6.1 Inleiding

Evenals het systeem ligboxenstal heeft het systeem vrijloopstal te maken met emissies van NH<sub>3</sub> en broeikasgassen naar de omgeving. Deze gassen emitteren tijdens de stalfase, tijdens een eventuele opslagfase van de compost (vrijloopcompost) en na het uitrijden van drijfmest of compost op het land. Voor een beoordeling en vergelijking van het emissiepotentieel van NH<sub>3</sub> en broeikasgassen uit de ligboxenstal en de vrijloopstal is het noodzakelijk dat de emissies voor alle fasen van het systeem in kaart worden gebracht. Op basis van de totale emissie uit het systeem kan dan een oordeel gegeven worden of de emissies uit een vrijloopstal wezenlijk verschillen van de emissies uit een ligboxenstal. Wordt alleen de emissie tijdens de stalfase in kaart gebracht, dan ligt afwenteling op de loer; zo kan een systeem dat relatief weinig emissies heeft tijdens de stalfase relatief veel emissie hebben tijdens de opslag- en landfase, en andersom.

Tijdens de stalfase is er bij de ligboxenstal sprake van emissies vanaf de vloer en uit de kelder onder de vloer. De kelder is daarbij de mestopslag. Bij de vrijloopstal worden de mest en urine 'opgeslagen' in de compostbodem, waardoor ook bij de vrijloopstal er sprake is van gecombineerde emissies. Na het verwijderen van de compost uit de vrijloopstal kan er sprake zijn van tijdelijke opslag. Tijdens deze opslagfase kunnen ook emissies optreden. In de praktijk wordt de compost uit de vrijloopstal meestal binnen korte tijd na het verwijderen uitgereden op het land. In dat geval is er van emissie uit aparte opslag geen sprake. Na uitrijden op het land treden weer emissies op. Drijfmest uit de ligboxenstal wordt op grasland emissiearm aangewend door middel van zodebemesting; op bouwland wordt de drijfmest oppervlakkig ondergewerkt. Compost uit de vrijloopstal kan op zowel grasland als bouwland oppervlakkig aangewend worden, maar zal in de praktijk op bouwland meestal worden ondergewerkt. Voor een beoordeling van het emissiepotentieel van de vrijloopstal ten opzichte van de ligboxenstal zijn de emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> tijdens de stalfase gemeten (hoofdstuk 5). De emissies tijdens de opslagfase en de landfase zijn geïnventariseerd en afgeleid door middel van een literatuurstudie naar de emissies van compost. Uit de samenstelling van de composten (tabel 23) uit vrijloopstallen in dit onderzoek blijkt namelijk dat deze verregaand overeenkomen met GFT-compost. Het gehalte NH<sub>4</sub>-N in de composten, een eigenschap die in belangrijke mate de NH<sub>3</sub>- en N<sub>2</sub>O-emissie bepaalt, is bij alle vrijloopcomposten vergelijkbaar aan het gehalte in GFT-compost. Datzelfde geldt ook voor het NO<sub>3</sub>-gehalte, dat in belangrijke mate de N<sub>2</sub>O-emissie tijdens opslag en na uitrijden kan bepalen.

### 6.2 Resultaten

#### 6.2.1 Emissie van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> bij opslag van compost

Bij drijfmest is de opslagfase gecombineerd met de stalfase. Hierdoor worden deze emissies ook aan de stalfase toegerekend en hoeven geen afzonderlijke emissiefactoren afgeleid te worden. Bij het literatuuronderzoek naar de emissies tijdens de opslag van compost konden bijzonder weinig gegevens gevonden worden. Er werd één studie gevonden, waaruit bleek dat de emissies van N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> gedurende een lange opslagfase zodanig laag waren, dat deze als verwaarloosbaar gezien kunnen worden. Uit de veranderingen in het N-totaalgehalte van de composthoop tijdens de opslag kon niet betrouwbaar geconcludeerd worden dat er significante emissie van NH<sub>3</sub> optrad. Wel is duidelijk dat bij gangbare compostering het grootste deel van de NH<sub>3</sub>-emissie aan het begin van de composteringfase optreedt.

Geconstateerd kan worden dat er weinig gegevens beschikbaar zijn over het potentieel voor emissie van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> na de opslag van compost. Uit de gegevens die wel beschikbaar zijn kan geconcludeerd worden dat het risico op emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> tijdens de opslagfase praktisch verwaarloosbaar is, vooral als meegewogen wordt dat deze opslagfase meestal kort is. Vooral voor NH<sub>3</sub>, maar ook voor N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> is het van belang dat er meer gegevens verzameld worden over het risico van emissies tijdens opslag.

### 6.2.2 Emissie van $N_2O$ na aanwending van compost

Voor de emissies uit compost na aanwending konden in de literatuur relatief weinig gegevens gevonden worden, overigens wel meer dan ook voor de emissies uit opgeslagen compost. Er werden geen gegevens over toediening onder Nederlandse omstandigheden gevonden. Er werden ook geen gegevens over toediening op grasland gevonden; de meeste studies betroffen het onderwerken van compost in bouwland.

Uit de literatuurstudie kan, op basis van vier studies, geconcludeerd worden dat de  $N_2O$ -emissiefactor van compost na onderwerken in bouwland zeer laag is, met emissiefactoren tussen de -0,7 en 0,1%, en een gemiddelde berekende emissie van -0,30%. De negatieve emissiefactoren laten zien dat bemesting met compost ook de emissie kan verlagen in plaats van verhogen, ten opzichte van een onbemeste controle. Dit komt doordat minerale N uit de bodem kan worden vastgelegd in organische vorm. Gegevens over de emissiefactor van compost na oppervlakkige toediening op grasland zijn niet gevonden. De verwachting is echter dat deze emissiefactor eerder lager dan hoger zal liggen vergeleken met onderwerken op bouwland. Oppervlakkige toediening op grasland vindt immers plaats onder zuurstofrijkere omstandigheden, waardoor het zuurstofarme proces van denitrificatie minder snel zal optreden, en minder  $N_2O$  gevormd zal worden.

Een recente update van de  $N_2O$ -emissiefactoren na het uitrijden van runderdrijfmest geeft voor minerale grond een emissiefactor van 1,3% van de totale N ondergewerkt op bouwland en 0,3% van de totale N oppervlakkig geïnjecteerd op grasland (Velthof en Mosquera, 2011). Op bouwland ligt de  $N_2O$ -emissie van de (vrijloop)composten dus duidelijk lager dan die van drijfmest; op grasland is dit waarschijnlijk ook het geval.

### 6.2.3 Emissie van $NH_3$ na aanwending van compost

Uit de literatuurstudie naar de emissie van  $NH_3$  na aanwending van compost op het land bleek dat er geen Nederlandse onderzoeksresultaten beschikbaar zijn. Ook internationaal werd maar een beperkt aantal min of meer relevante studies gevonden, en dan voornamelijk met onderwerking van compost in bouwland of aanwending op grond zonder gewas in laboratoriumstudies.

De geringe hoeveelheid onderzoek naar de emissie van  $NH_3$  na aanwending van compost op het land is waarschijnlijk het gevolg van de meestal erg lage  $NH_4$ -N-gehalten in compost. Terwijl bij runderdrijfmest bijna 50% van de totale hoeveelheid N in de vorm van  $NH_4$  aanwezig is, is dit bij compost meestal maar enkele procenten. Daarmee is de  $NH_3$ -emissie uit compost tijdens de landfase van relatief geringe betekenis, zelfs als een groot deel van de aanwezige  $NH_4$ -N zou emitteren als  $NH_3$ . Uit de literatuurstudie blijkt dat er hooguit 10 tot 18% van de  $NH_4$ -N in de compost kan emitteren, waarbij de 18% al een overschatting van een praktijksituatie is. In sommige studies was er geen  $NH_3$ -emissie. De combinatie van lage gehalten  $NH_4$ -N in (vrijloop)compost en het geringe percentage van de  $NH_4$ -N die vervluchtigt, leidt tot de conclusie dat  $NH_3$ -emissie van compost, en daarvan afgeleid ook van vrijloopcompost, verwaarloosbaar is en op 0 gesteld kan worden.

Voor drijfmest is de standaard gehanteerde emissiefactor voor  $NH_3$ -emissie na zodebemesting op grasland gesteld op 19% van de  $NH_4$ -N en na onderwerken op bouwland op 22%. Bij een N-totaalgehalte in runderdrijfmest van  $4,1 \text{ kg ton}^{-1}$ , en een  $NH_4$ -N van  $2,0 \text{ kg ton}^{-1}$ , (Bemestingsadviesbasis) betekent dat er 9,3% van de totaal toegediende N vervluchtigt als  $NH_3$  bij zodebemesting op grasland en 10,7% na onderwerken op bouwland. Geconcludeerd wordt dat het systeem ligboxenstal een aanzienlijke  $NH_3$ -emissie heeft buiten de stal, terwijl deze emissie bij het systeem vrijloopstal afwezig is.

### 6.2.4 Emissie van $CH_4$ na aanwending van compost

Er werden geen resultaten gevonden voor de emissie van  $CH_4$  na aanwending van compost. Omdat de  $CH_4$ -emissie na het aanwenden van drijfmest meestal laag is, zal deze emissie bij compost uit vrijloopstallen zeker niet hoger zijn, omdat deze materialen aanzienlijk stabiel zijn dan drijfmest (figuur 27) en daardoor langzamer afbreken.

### 6.3 Conclusies

- Op basis van de (weinige) bekende gegevens kunnen de emissies van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{CH}_4$  tijdens de opslag van (vrijloop)compost als verwaarloosbaar klein beschouwd worden
- De  $\text{N}_2\text{O}$ -emissie na het onderwerken van (vrijloop)compost op bouwland is -0,30% van de totaal toegediende N, vergeleken met 1,3% en 0,3% bij het emissiearm aanwenden van drijfmest op respectievelijk bouwland en grasland. De  $\text{N}_2\text{O}$ -emissie na het oppervlakkig aanwenden van (vrijloop)compost op grasland is onbekend, maar zeker niet hoger dan -0,30%
- De  $\text{NH}_3$ -emissie na het aanwenden van (vrijloop)compost op gras- of bouwland is verwaarloosbaar klein, vergeleken met een verlies van 9,3% en 10,7% van de totaal toegediende N bij de emissiearme aanwending van drijfmest op respectievelijk grasland en bouwland
- De  $\text{CH}_4$ -emissie na het aanwenden van (vrijloop)compost op gras- of bouwland is onbekend, maar lager dan na aanwending van drijfmest

## 7 Economie en arbeid

### 7.1 Inleiding

De vrijloopstal heeft veel gevolgen voor de grootte van de stal omdat de dieren meer ruimte krijgen dan in een ligboxenstal. Dit heeft gevolgen voor de economie. Daarnaast verandert ook de stalindeling doordat er geen sprake is van ligboxen en is ook de mestopslag en mestkwaliteit anders door de compostering van houtsnippers met mest in een 'pot' van 50 cm diep. Omdat de productie per koe op het bedrijf van Wiersma sterk gestegen is door o.a. de vrijloopstal en 3x per dag melken zijn minder koeien nodig om het melkquotum vol te melken. Door minder vee is de stal onderbezet. De bouwkosten en jaarlijkse kosten van het bedrijf Wiersma zijn daarom uitgerekend in de huidige situatie (onderbezetting) en bij volle bezetting. De economische kengetallen worden vergeleken met een diervriendelijke ligboxenstal met een diepstrooiselsysteem. De volle bezetting geeft aan welk economisch resultaat haalbaar is ten opzichte van de ligboxenstal. Omdat de waarde van het bodemmateriaal grote gevolgen heeft voor de kosten van eventuele mestafzet is een gevoeligheidsberekening gemaakt voor de situatie met mestafzet. Ook is de gevoeligheid van een langere levensduur van de veestapel voor de economie ingeschat.

Bij de berekening is geprobeerd een zo zuiver mogelijke vergelijking te maken tussen de vrijloopstal en de ligboxenstal. Zaken als uitvoering van de bovenbouw, gebruikte materialen en overige kosten zijn zoveel mogelijk gelijk gehouden. Alleen specifieke eigenschappen van de vrijloopstal zijn meegenomen, zoals een ruimere oppervlakte per dier en het gebruik van strooisel / bodemmateriaal. Er zijn nu enkele jaren ervaringen opgedaan bij Wiersma met de vrijloopstal onder Nederlandse omstandigheden. Gegevens uit waarnemingen bij Wiersma zijn gebruikt in deze berekeningen.

### 7.2 Uitgangspunten

De huidige bezetting van de stal van Wiersma bestaat uit 59 melkkoeien, 9 droogstaande koeien en 21 stuks dieren ouder dan 1 jaar. Hiermee is de stal onderbezet. Bij volle bezetting heeft de stal ruimte voor 79 melkkoeien, 15 droogstaande koeien en 21 stuks dieren ouder dan 1 jaar. Jongvee jonger dan een jaar wordt buiten de stal gehuisvest. De veestapel wordt het gehele jaar op stal gehouden. Voor de ligboxenstal gaan we uit van de volle bezetting, die in de vrijloopstal kan. Voor het oppervlak van de vrijloopstal is het werkelijke oppervlakte van 2627 m<sup>2</sup> genomen. Per GVE wordt het oppervlak van de totale stal respectievelijk voor de huidige en volle bezetting 36 en 26 m<sup>2</sup>. De vrijloopstal bevat veel extra ruimtes, zoals de wachtruimte, de voeropslag annex strohokken en de extra lange voergang. Deze extra ruimte nemen we extra mee in de berekeningen voor de ligboxenstal, daarmee wordt het oppervlak 1692 m<sup>2</sup>. De totale ruimte in de ligboxenstal is daarmee 17 m<sup>2</sup> per GVE. De melkproductie per koe is 11000 kg in alle drie gevallen.

### 7.3 Resultaten

In tabel 20 worden de investeringen van o.a. boven en onderbouw weergegeven. Voor de bovenbouw is uitgegaan van een eenvoudig zadeldak met een investering van 110 euro per m<sup>2</sup>. Voor de onderkelderde onderbouw van de ligboxenstal is gerekend met een investering van 170 euro per m<sup>2</sup>. In een ligboxenstal wordt voor bijna 23.000 euro meer geïnvesteerd in ligbox afscheidingen matrassen en voerhek ten opzichte van de inrichting van een vrijloopstal. De vrijloopstal is uitgerust met een beluchtingssysteem. Zowel de ligboxenstallen als de vrijloopstallen worden tegenwoordig uitgerust met ventilatoren en zijn dus voor beide staltypen meegenomen. De trekker wordt voor 20 % toegerekend aan de vrijloopstal. De investering in machines voor bodembewerking is 15000 euro. Deze machines worden vrijwel 100% voor de vrijloop gebruikt.



**Tabel 20 Investerings op basis van vervangingswaarde (nieuwwaarde) in €**

	Wiersma		Ligboxenstal
	Huidig	Volle bezetting	
Bovenbouw	288.943	288.943	186.120
Onderbouw excl. heien	239.894	239.894	287.640
Inrichting	14.960	14.960	37.600
Beluchting	9.953	9.953	
Ventileren	11.000	11.000	11.000
Machines			
Trekker	68.000	68.000	
% toegerekend vrijloop	20%	20%	
Bodembewerking	15.000	15.000	

In tabel 21 worden de jaarlijkse kosten weergegeven. De jaarlijkse kosten van de ligboxenstal zijn per jaar ruim 3000 euro lager, omdat het om veel minder oppervlak gaat. Bij de huidige en volle bezetting van de vrijloopstal is resp. 1000 m3 en 1300 m3 houtsnippers nodig en houtsnippers kosten 6 euro per m3. De ligboxenstal is uitgerust met diepstrooiselboxen. Bij een verbruik van 3 kg per dag en kosten van 110 euro per ton zijn de jaarlijkse kosten voor strooisel ruim 4000 euro per jaar hoger bij de ligboxenstal. De totale jaarlijkse kosten verschillen daarom minder tussen ligboxenstal en vrijloopstal. Naast strooiselkosten zijn er nog meer kosten die variëren.

Het inbrengen van snippers, het bewerken van de bodem en het beluchten van de bodem vergt veel arbeid en energie. Echter de hoeveelheid arbeid die gemoeid is met het instrooien van de ligboxen is bijna 5000 euro hoger dan de arbeid voor het bewerken en inbrengen van de bodem. Het uitrijden van de drijfmest uit een ligboxenstal geeft hogere jaarkosten dan van een vrijloopstal, omdat veel van het vocht verdampt is. Bij gelijke bezetting zijn de jaarkosten voor mest uitrijden bij een ligboxenstal ruim 2000 euro hoger.

**Tabel 21 Totaal Jaarlijkse kosten zonder aan- of afvoer van mest**

	Wiersma		Ligboxenstal
	Huidig	Volle bezetting	
Stal	51.674	51674	48.579
Ventilatoren	1.073	1073	1.073
Beluchting	970	970	-
Trekker	1.938	1938	-
Bodembewerking	2.063	2063	-
Aanvoer strooisel	6.000	7200	10.238
Diesel bewerken bodem	1.643	1643	-
Diesel inbrengen materiaal	68	68	-
Loonwerk uitrijden drijfmest	2.829	3836	7.673
Loonwerk uitrijden compost	1.050	1542	-
Elektra beluchten	876	876	-
Elektra ventilatie	1.296	1296	1.296
Arbeid bewerken bodem en inbrengen	2.875	2875	-
Arbeid boxen instrooien en bijvullen	-	-	7.756
Jaarlijkse kosten totaal	74.353	77052	76.615
Jaarlijkse kosten /GVE	1.019	778	774
Jaarlijkse kosten/100kg melk	10,6	7,5	7,4

De jaarlijkse kosten per 100kg melk zijn met 7,5 (bij volle bezetting) en 7,4 euro voor de vrijloopstal en ligboxenstal vrijwel gelijk.

## 7.4 Gevoeligheid

### 7.4.1 Kosten mestafzet

Bij afvoer van mest heeft de vrijloopstal minder kosten, omdat de mest uit de vrijloop zeker om niet afgezet kan worden. Voor afzet van runderdrijfmest moet 10 euro per m<sup>3</sup> betaald worden. Bij afzet van 30 % van de mest stijgen daardoor de jaarlijkse kosten bij de ligboxenstal met 0,7 euro naar 8,1 euro per 100 kg melk en dalen de jaarlijkse kosten met 0,1 euro per 100 kg melk naar 10,5 en 7,4 bij de vrijloopstal.

### 7.4.2 Prijs bovenbouw

Een goedkopere bovenbouw van 80 euro per m<sup>2</sup> i.p.v. 110 euro geeft lagere jaarkosten van respectievelijk 9,5 en 6,7 euro per 100 kg melk voor de huidige en volle bezetting. De jaarkosten van de ligboxenstal dalen niet gelijk met de vrijloopstal en blijft 0,2 euro hoger met 6,9 euro per 100 kg melk.

### 7.4.3 Langere levensduur

Met modelberekeningen in bedrijfsverband is een inschatting gemaakt wat een langere levensduur zou kunnen opleveren. Doordat jaarlijks minder koeien worden afgevoerd daalt de omzet & aanwas, echter hiertegenover staan de voordelen van minder kosten voor jongveeopfok en minder kosten voor mestafzet. Als de jaarlijkse veevervangings daalt van 30% naar 20% stijgt het saldo met 0,8 euro per 100 kg melk. Het netto bedrijfsresultaat stijgt meer, omdat er ook bespaard wordt op huisvestingskosten en op intensieven bedrijven ook op mestafzetkosten. Het voordeel op een extensief bedrijf is dan 1,9 euro per 100 kg melk en op een intensief bedrijf 2,1 euro per 100 kg melk. Indien de prijs van het afgevoerde vee uit een vrijloopstal 100 euro per afgevoerde koe hoger is levert dit ca. 0,2 euro per 100 kg melk extra op.

Eventueel kan door meer koecomfort in de vrijloopstal de productie per koe ook stijgen. Dit voordeel is niet doorgerekend, maar zal bij afschaffing van de melkquotering hoger zijn dan nu met melkquotering.

## 7.5 Conclusies

De stal van Wiersma is onderbezet door een stijging van de productie per koe. Bij de huidige bezetting zijn de jaarlijkse kosten € 3,2 per 100 kg melk hoger dan een ligboxenstal met een diepstrooiselsysteem. Uitgaande van de volle bezetting zijn de jaarlijkse kosten vergelijkbaar met een ligboxenstal. De bovenbouw is duurder door meer ruimte per koe, echter de onderbouw en inrichting is goedkoper. Het rendement van een vrijloopstal wordt echter sterk bepaald door de aanvoerprijs van het bodemmateriaal, de waarde van het eindproduct (gecomposteerde houtsnippers en mest) en de levensduur van het vee. Als rekening wordt gehouden met minder gedwongen afvoer en minder kosten voor mestafzet op intensieve bedrijven zullen de jaarlijkse kosten van de vrijloopstal lager zijn dan van een diervriendelijke ligboxenstal met diepstrooiselmateriaal.

## 8 Voedselkwaliteit

### 8.1 Inleiding

De stalbodem is een belangrijke potentiële bron van schadelijke of ongewenste micro-organismen. Enerzijds is het bodemmateriaal een bron van microbiële contaminanten die kunnen worden overgedragen naar melk, waaronder bacteriesporen die pasteurisatieprocessen in de verwerking van melk kunnen overleven, en anderzijds is het een bron van mastitisveroorzakende bacteriën, waaronder *Klebsiella* en *E. coli*. De risico's van de bodems in vrijloopstallen zijn door het NIZO vergeleken met materiaal in ligboxstallen. In ligboxstallen is zaagsel nog steeds het meest gangbare bodemmateriaal, maar steeds vaker worden alternatieve materialen gebruikt, waaronder compost. Compost wordt ook als bodemmateriaal gebruikt in vrijloopstallen.

Voor zuivelondernemingen is het van belang dat het gebruik van nieuwe typen stalbodemmaterialen geen of beheersbare risico's voor de kwaliteit en veiligheid van zuivelproducten introduceren. In dit project zijn potentiële microbiologische risico's van bodems van vrijloopstallen onderzocht. De focus in het onderzoek lag op aanwezigheid van bacteriesporen en de mastitisveroorzakers *Klebsiella* en *E. coli*.

### 8.2 Aanpak

Monsters van bodemmateriaal werden verzameld bij drie bedrijven met een vrijloopstal. Één bedrijf (Wiersma) bezat een bodem met houtsnippers die met een beluchtingsstelsel gecomposteerd werden (composteringsbodem), de andere twee (Groenewegen en Havermans) een bodem met van buiten aangevoerde compost (compostbodem). De bedrijven werden tussen mei 2011 en februari 2012 drie of vier maal bemonsterd. Ter vergelijking werden ook monsters verzameld bij bedrijven met een ligboxstal die zaagsel als bodemmateriaal gebruikten. Representatieve monsters werden genomen uit de stal en, indien voorradig, van ongebruikt bodemmateriaal. In de monsters werden concentraties bepaald van *Klebsiella*, *E. coli*, totaal streptococci en totaal kiemgetal en van sporen van thermofiele, mesofiele en psychrotrofe aërobe sporevormers, *Bacillus cereus*, totaal anaërobe sporevormers en boterzuurbacteriën.

### 8.3 Conclusies

De getalsmatig belangrijkste verschillen tussen de microbiologische samenstelling van de bodem van vrijloopstallen en zaagsel uit ligboxstallen betroffen de concentraties sporen van thermofiele sporevormers, mesofiele sporevormers en boterzuurbacteriën (respectievelijk ongeveer een factor 100, 10 en 10 hoger in vrijloopstalbodems dan in zaagsel uit ligboxstallen) en de concentratie totaal streptococci (ongeveer een factor 100 lager in vrijloopstalbodems dan in zaagsel uit ligboxstallen). Bij het bedrijf met de composteringsbodem (Wiersma) waren de sporenconcentraties in het algemeen lager dan bij de bedrijven met een compostbodem.

De verschillen in sporenconcentraties in stalbodems waren ook aantoonbaar in melk: de concentraties van sporen van thermofiele sporevormers in tankmelk van bedrijven met een vrijloopstal waren gemiddeld respectievelijk 100 en 10 maal hoger dan de concentraties in tankmelk van bedrijven met een ligboxstal met zaagsel.

Verhoogde concentraties van sporen van thermofiele en mesofiele sporevormers in melk zijn ongewenst aangezien de sporen vanwege hun hitteresistentie ook in eindproducten terecht kunnen komen. Op dit moment is nog niet onderzocht of de verhoogde sporenconcentraties in melk afkomstig uit vrijloopstalbodems voor zuivelondernemingen tot economische schade of een verminderde kwaliteit van eindproducten leidt.

Ten aanzien van concentraties van de mastitisveroorzakers *Klebsiella* en *E. coli* werden geen verschillen tussen bodems van vrijloopstallen en zaagsel in ligboxstallen geconstateerd.

Samenvattend kan worden gesteld dat (compost)bodems van vrijloopstallen geen verhoogd risico vormen ten aanzien van het voorkomen van de mastitisveroorzakers *Klebsiella* en *E. coli*, maar mogelijk wel ten aanzien van specifieke bacteriesporen in relatie tot de kwaliteit van melk en zuivelproducten, in het bijzonder sporen van thermofiele sporevormers.

## 9 Bemestende waarde van vrijloopcompost

### 9.1 Inleiding

Naast het vaststellen van de N-verliezen en de emissies van NH<sub>3</sub> en broeikasgassen gedurende verschillende fasen, is ook van belang welke kwaliteit en bruikbaarheid de vrijloopcomposten hebben. Hierbij is onder meer van belang hoeveel N er op korte en lange termijn beschikbaar komt voor de opname door gewassen, na de aanwending van vrijloopcompost op gras- of bouwland. Een belangrijke vraag is ook welk effect de bemesting heeft op de bodemvruchtbaarheid van gras- en bouwland op de lange termijn. Bij de beantwoording van deze vragen is het belangrijk om composten uit het systeem vrijloopstal te vergelijken met drijfmest uit het systeem ligboxenstal. In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van metingen die zijn gedaan om de waarde van vrijloopcomposten vast te stellen: waarde als N-meststof voor de korte termijn en waarde voor opbouw van de bodemvruchtbaarheid.

### 9.2 Materiaal en methoden

Om inzicht te krijgen in diverse aspecten van de bemestende waarde is compost uit de vrijloopstal van Wiersma en uit twee andere vrijloopstallen aan het einde van de levensduur bemonsterd, vlak voor of vlak nadat de compost uit de stal werd gehaald. Deze monsters zijn geanalyseerd op samenstelling en vervolgens ingezet in twee incubatie-proeven: een proef waarin is bepaald hoe snel de C in de composten afbreekt (afbraakproef), en een proef waarin is bepaald hoe snel de N uit de composten mineraliseert (mineralisatieproef).

#### 9.2.1 Bemonstering en analyse van de vrijloopcomposten

De datums van bemonstering en een omschrijving van het bemonsterde materiaal zijn gegeven in Tabel 22. Bij vrijloopstal Wiersma was er sprake van houtsnippers als ingaand strooisel; bij vrijloopstallen 1 en 2 werd GFT-compost gebruikt. Bij vrijloopstal 1 werd ook een monster genomen van de ingaande GFT-compost voor de nieuwe ronde. Dit monster werd in beide proeven ingezet als referentie GFT-compost. Er werd ook een monster van runderdrijfmest van een 'gemiddelde' samenstelling gebruikt als referentie drijfmest. Deze mest, met bekende samenstelling, is eerder gebruikt in onderzoek van De Boer & Bloem (2010) en lag sindsdien opgeslagen in de vriezer bij -18°C.

**Tabel 22 Datum van monsternamen en omschrijving van de bemonsterde composten uit vrijloopstallen en referentiematerialen**

Omschrijving strooisels	Datum bemonstering
Uitgaande compost Wiersma op basis van houtsnippers	17-11-2011
Uitgaande compost vrijloopstal 1 op basis van GFT-compost	15-11-2011
Uitgaande compost vrijloopstal 2 op basis van GFT-compost	16-11-2011
Referentie GFT-compost	15-11-2011
Referentie runderdrijfmest	17-01-2008 (ingevroren)

Bij Wiersma werd het monster genomen terwijl de compost nog in de stal lag. Vlak na het dagelijkse losfrozen van de bodem werd met behulp van een steekguts de compostlaag over de gehele diepte (35 tot 40 cm) bemonsterd, in een evenwijdig patroon over het bodemoppervlak. Bij de compost van vrijloopstallen 1 en 2 was op het moment van monsternamen het uitgaande materiaal al op de hoop gereden, en werd het monster met een steekguts uit de hoop genomen. Bij de referentie GFT-compost werd het monster genomen van een hoop ingaand materiaal. Bij alle bemonsteringen (behalve de referentie GFT-compost) werden 10 tot 20 steken genomen. De monsters werden gemengd, onderverdeeld in vier submonsters en opgeslagen in gelabelde plastic zakken. Van elke partij werd één monster verstuurd naar het Milieulaboratorium van A&F te Wageningen. Deze monsters werden geanalyseerd op: soortelijk gewicht, drogestof, as, totaal N, totaal P, totaal K, totaal C, totaal S, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N en pH. De andere monsters werden opgeslagen in een vriescel (-18°C). Na enkele weken werd van iedere partij één monster verstuurd naar Wageningen voor het uitvoeren van de incubatie-experimenten.

### 9.2.2 Bepaling van de snelheid van C-afbraak

De afbraaksnelheid van de organische C van de composten werd bepaald door herhaalde meting van de CO<sub>2</sub>-emissie in een incubatieproef waarbij de composten en de drijfmest waren gemengd met grond. Uitvoerder van de incubatieproef was het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem te Wageningen. De incubatieproef werd uitgevoerd in glazen flessen, bij constante bodemvochtigheid, in het donker en bij een temperatuur van 20°C. De flessen (ø 6,9 cm; inhoud 575 ml) werden gevuld met 10 cm vochtig zandgrond om zo een bouwvoor te simuleren. De zandgrond werd op 60% van de vloeigrens (~ veldcapaciteit) gebracht door gedemineraliseerd water toe te voegen aan luchtdroge grond (**Error! Reference source not found.**). Deze grond was afkomstig uit de bouwvoor (0 tot 30 cm) van een praktijkperceel blijvend grasland (perceel 1-2, enkeerd) op proefbedrijf Aver Heino.

**Tabel 23 Samenstelling van de zandgrond gebruikt in de afbraakproef**

Parameter	Eenheid	Zandgrond
Organische stof	g/kg droge grond	521
N-totaal	g/kg droge grond	1,84
P-totaal	mg/kg droge grond	604
K-totaal	mg/kg droge grond	417
C-totaal	g/kg droge grond	31
C/N	-	16,8
DON	mg/kg droge grond	12
NH <sub>4</sub> -N	mg/kg droge grond	9
NO <sub>3</sub> -N+NO <sub>2</sub> -N	mg/kg droge grond	3
pH-KCl	-	4,8
pH-water	-	5,9

Van de composten en de drijfmest werd 15 g vers materiaal vermengd met de 10 cm vochtige grond, na knippen van het materiaal op 1 cm. De gift van 15 g correspondeert op basis van het oppervlak in de fles met een gift van 40 ton ha<sup>-1</sup>; echter, omdat het materiaal in de praktijk eerder 20 dan 10 cm diep wordt ondergewerkt, correspondeert deze gift eerder met een gift van 80 ton ha<sup>-1</sup>. Na het vullen van de flessen werd het gewicht op de fles geschreven, werden de flessen afgesloten met een wattenprop (om vrije gasuitwisseling mogelijk te maken) en weggezet in het donker bij een constante temperatuur van 20°C. De CO<sub>2</sub>-emissie van de flessen werd gemeten na 1, 3, 7, 14, 28, 56 en 112 dagen. Vier tot zes uur (bij t=56 en 112) voor de meting werden de wattenproppen vervangen door luchtdichte doppen met een flexibele rubberen middensectie. Na vier tot zes uur werd de opgebouwde CO<sub>2</sub>-concentratie in de fles gemeten met een Innova 1412 gasmonitor. Bij drijfmest werd de CO<sub>2</sub>-emissie op de eerste twee meetpunten, vanwege de hoge emissie, niet na vier uur maar al na een half uur gemeten. Na het meten werden de flessen terug op gewicht gebracht door het toedienen van gedemineraliseerd water. Het typische vochtverlies was doorgaans niet meer dan 1 ml per week. Na watertoeiening werden de luchtdichte doppen weer vervangen door wattenproppen en werden de flessen teruggezet in de incubatieruimte.

De netto CO<sub>2</sub>-emissie werd per behandeling afgeleid door lineaire integratie over de tijd. Op basis daarvan kan er voor ieder meetpunt berekend worden hoeveel C er is afgebroken vergeleken met het vorige meetpunt. Hieruit kan een relatie afgeleid worden die een goede indruk geeft van de snelheid van afbraak op langere termijn, bijvoorbeeld na 1 of 5 jaar. Op basis daarvan kan een beeld gegeven worden van de bijdrage van de verschillende materialen aan de opbouw en het behoud van de bodemvruchtbaarheid. Op het moment van schrijven van dit rapport loopt de afbraakproef nog, waardoor het nog niet mogelijk is deze berekeningen volledig uit te voeren. Wel kan een (goede) indruk worden gegeven van de verschillen tussen de composten en de drijfmest wat betreft afbraaksnelheid. De afbraak is voorlopig berekend op basis van een berekende 'headspace' in de flessen; later dit jaar wordt deze 'headspace' definitief bepaald. Daarna zullen in de eindrapportage voor alle onderzochte vrijloopstallen de definitieve afbraakcurves voor de lange termijn worden gerapporteerd.

### 9.2.3 Bepaling van de snelheid van N-mineralisatie

De snelheid van N-mineralisatie werd bepaald door herhaalde meting van de hoeveelheid  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  en Nts (totaal opgeloste N) in een incubatieproef waarbij de composten en de drijfmest werden gemengd met zandgrond. Uitvoerder van de incubatieproef was het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem te Wageningen. De incubatieproef werd uitgevoerd in gesealde (luchtdoorlatende) polyethyleen zakjes, bij constante bodemvochtigheid, in het donker en bij een constante temperatuur van  $20^\circ\text{C}$ . De composten en de drijfmest werden geïncubeerd met de eerder beschreven zandgrond (**Error! Reference source not found.**). De zakjes werden gevuld met dezelfde materialen als in de afbraakproef, in dezelfde verhoudingen en met dezelfde vochtgehalten, en de proef werd uitgevoerd onder dezelfde omstandigheden.

De hoeveelheid gemineraliseerde N werd gemeten op het moment van inzetten (alle meststoffen en de zandgrond als controle), 2 weken na inzetten (referentie GFT-compost, Wiersma, vrijloopstal 1 en de zandgrond), 4 weken na inzetten (alle meststoffen en de zandgrond) en 8 weken na inzetten (alle meststoffen en de zandgrond). Iedere behandeling werd in tweevoud ingezet, zodat er in totaal sprake was van  $12+8+12+12 = 44$  zakjes. Na het vullen werden de zakjes geseald en ingezet bij  $20^\circ\text{C}$ . Bij het bepalen van de hoeveelheid gemineraliseerde N werden de beoogde zakjes geopend en werd de inhoud geanalyseerd op  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  en Nts. Een meer algemene beschrijving van de methodiek is gegeven in Velthof en Oenema (2010).

Door vergelijking van de hoeveelheden gemineraliseerde N ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ) tussen de composten en de drijfmest kunnen er uitspraken gedaan worden over verschillen in snelheid waarmee de N beschikbaar komt voor opname door gewassen. De gemeten hoeveelheden werden voor alle behandelingen gecorrigeerd voor de mineralisatie van de zandgrond en werden uitgedrukt als percentage van de totale hoeveelheid N gegeven met de meststof. Bij de zandgrond werd de gemineraliseerde N uitgedrukt als percentage van de totale hoeveelheid N die met de zandgrond werd ingezet.

## 9.3 Resultaten

### 9.3.1 Analyseresultaten bemonstering

De analyseresultaten van de composten en de drijfmest zijn gegeven in tabel 24. Het asgehalte bij diverse composten was hoog; dit is voor een belangrijk deel het gevolg van vervuiling met zand in de aangeleverde GFT-compost. Het gehalte N-totaal was bij Wiersma ongeveer het dubbele vergeleken met vrijloopstal 1 & 2 en de ingaande GFT-compost; de oorzaak hiervan is dat de compost van Wiersma, als gevolg van dagelijks frezen en beluchten, intensiever en daardoor verder is gecomposteerd. Als gevolg daarvan was de C/N-verhouding bij Wiersma (10,4) het laagst van alle composten. Een belangrijke mesteigenschap is het  $\text{NH}_4\text{-N}$ -gehalte. Dit geeft niet alleen een indicatie van de hoeveelheid N die een meststof aan gewassen kan leveren, maar van het risico van  $\text{NH}_3$ -vervluchtiging en  $\text{N}_2\text{O}$ -emissie (na nitrificatie van  $\text{NH}_4$ ) na aanwending op het land. Bij de drie vrijloopstallen bevatte de uitgaande compost vrijwel geen  $\text{NH}_4\text{-N}$  of  $\text{NO}_3\text{-N}$ ; daaruit kan afgeleid worden dat het risico op  $\text{NH}_3$ - en  $\text{N}_2\text{O}$ -emissie uit deze composten vrijwel nihil is (paragraaf 6.2.2, 6.2.3). De ingaande referentie GFT-compost bevatte relatief veel  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; met  $1,23 \text{ kg ton}^{-1}$  vers was dit 16% van de totale N. Bij de composten uit de vrijloopstallen was dit percentage rond de 2% en bij de referentiedrijfmest 48%. De pH's van de composten waren relatief hoog en lagen ruim boven de 8. Een hoge pH vergroot het risico op  $\text{NH}_3$ -emissie als er grotere hoeveelheden  $\text{NH}_4\text{-N}$  in de compost aanwezig zijn. De hoge pH kan aan het einde van de stalfase ook de  $\text{NH}_3$ -emissie in de stal hebben gestimuleerd.

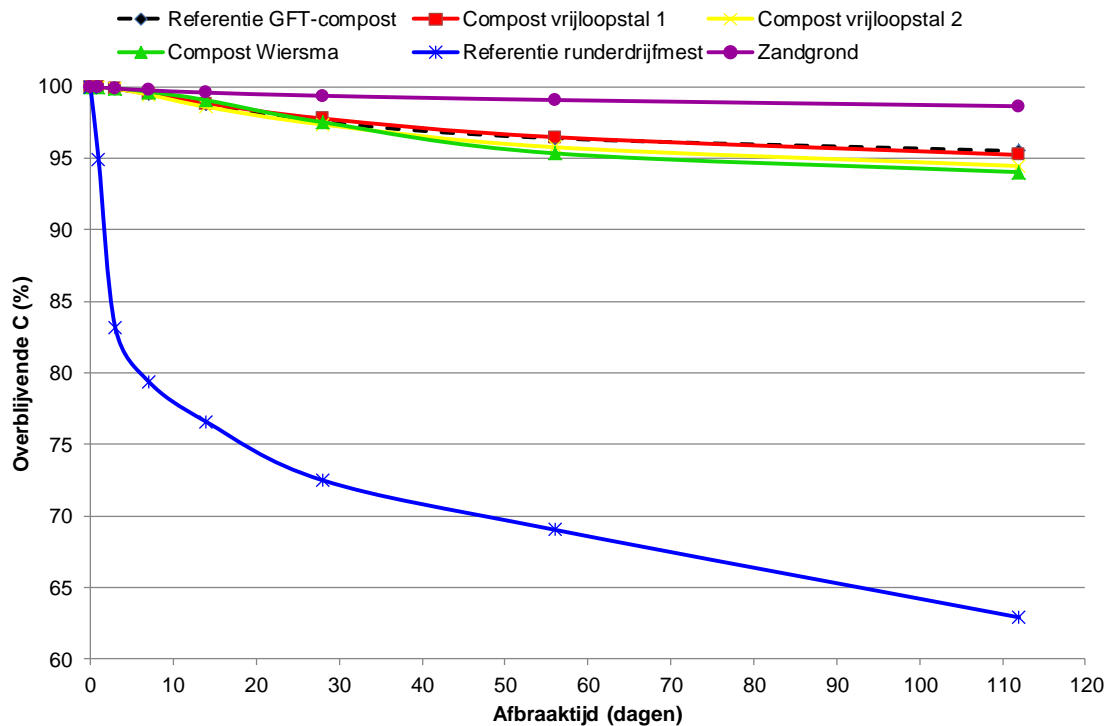
**Tabel 24 Samenstelling van composten uit vrijloopstallen en twee referentiemeststoffen (in kg ton<sup>-1</sup> vers, behalve soortelijk gewicht (kg m<sup>-3</sup>), C/N en pH)**

Parameter	Vrijloopstal			Referenties	
	Wiersma	Vrijloopstal 1	Vrijloopstal 2	GFT-compost	Runderdrijfmest
Soort. gewicht	1,09	1,31	1,34	1,37	1,03
Drogestof	431	525	554	629	84
As	106	355	352	449	20
N-totaal	15,4	7,2	9,0	7,5	3,9
P-totaal	2,8	2,1	2,1	1,8	0,5
K-totaal	19,0	6,8	13,1	4,5	5,3
C-totaal	161	119	136	101	33
C/N	10,4	16,6	15,1	13,4	8,3
S-totaal	2,7	1,5	2,2	1,4	-
NH <sub>4</sub> -N	0,2	0,1	0,1	1,2	1,9
NO <sub>2</sub> -N	0,02	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
NO <sub>3</sub> -N	0,18	0,03	0,07	<0,01	<0,01
pH	8,6	8,3	8,8	8,8	7,1

<sup>1)</sup> niet gemeten

### 9.3.2 Snelheid van C-afbraak

Runderdrijfmest brak het snelst af van alle meststoffen (geen relatieve verwijzing). Na 112 dagen incubatie was er van de oorspronkelijke hoeveelheid C nog 63% over. Tussen de composten uit de vrijloopstallen waren de verschillen in afbraak klein; bij Wiersma was nog 94% van de C over en bij de vrijloopstallen 1 & 2 nog 95 en 94%. Ook bij de referentiecompost was na 112 dagen incubatie nog 95% C over. Van de zandgrond brak tijdens 112 dagen incubatie niet meer dan 1,4% van de C af. De C in compost brak daardoor dus 3 tot 4x zo snel af als de C in de zandgrond, en de C in drijfmest brak 27x zo snel af als de C uit zandgrond en 6 tot 8x zo snel als de C uit compost. Uit de resultaten blijkt dat de composten uit de vrijloopstallen niet alleen wat betreft samenstelling maar ook wat betreft de afbraaksnelheid van C vergelijkbaar zijn met GFT-compost. Binnen de categorie composten brak de compost uit vrijloopstal Wiersma het snelst af, gevolgd door de compost uit vrijloopstal 2 en tenslotte de compost uit vrijloopstal 1 & de referentie GFT-compost.

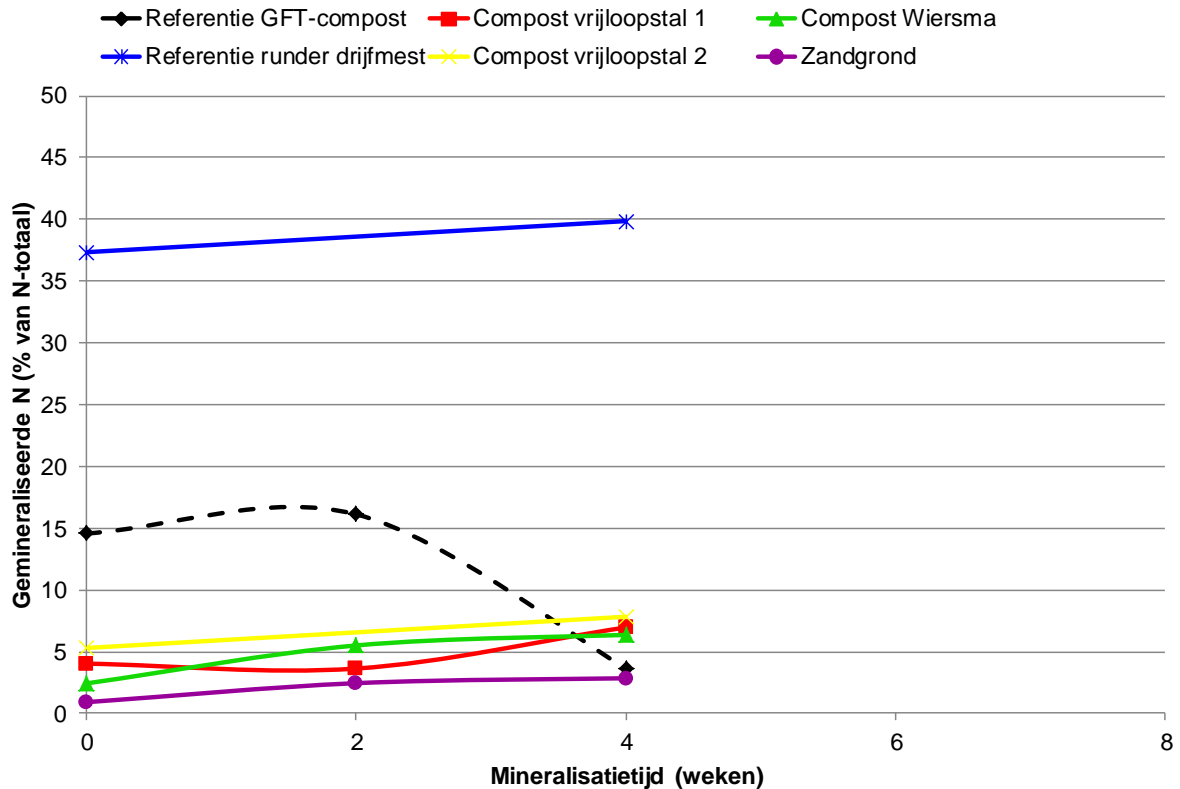


**Figuur 27** Afbraak van de hoeveelheid C (%) na incubatie van composten uit vrijloopstallen en referentiemeststoffen met zandgrond, bij 20°C, gemeten aan de CO<sub>2</sub>-emissie

### 9.3.3 Snelheid van N-mineralisatie

Direct na het inzetten van de mineralisatieproef was er bij de referentie runderdrijfmest 37% van de bemeste N in minerale vorm aanwezig (figuur 28). Bij de referentie GFT-compost was dit 15%, en bij de composten uit vrijloopstallen was dit 2% voor vrijloopstal Wiersma, 4% voor vrijloopstal 1 en 5% voor vrijloopstal 2. Na vier weken mineralisatie was er bij de drijfmest 3% extra gemineraliseerd (3 kg per 100 kg N-totaal bemest), bij de GFT-compost 11% weer vastgelegd (!), en bij de vrijloopcomposten 3 tot 4% gemineraliseerd. Om verschillen in mineralisatiesnelheid goed te vergelijken, moet het percentage gemineraliseerde N niet uitgedrukt worden als percentage van totaal gegeven N, maar als percentage van organische N die bij de eerste meting aanwezig was. De mineralisatiesnelheid is dan -12,8%, 4,0%, 3,1%, 2,7% en 4,0% voor de referentie GFT-compost, vrijloopstal Wiersma, vrijloopstal 1, vrijloopstal 2 en referentie drijfmest. Gemeten aan de mineralisatiestatus na vier weken mineraliseerden de vrijloopcomposten sneller dan de GFT-compost en vergelijkbaar met de runderdrijfmest. Bij de runderdrijfmest was echter meteen na bemesting al een groot deel van de N in minerale vorm aanwezig, waardoor de voor gewasopname beschikbare N na vier weken 5 tot 6x hoger was dan bij de vrijloopcomposten. Bij de GFT-compost was het relatief hoge NH<sub>4</sub>-N-gehalte in de compost een versturende factor in het mineralisatiepatroon; na een aanvankelijke toename werd er gedurende de vier weken netto een aanzienlijke hoeveelheid minerale N weer vastgelegd. Bij de zandgrond nam de hoeveelheid gemineraliseerde N gedurende de vier weken toe van 1 tot 3%; de mineralisatiesnelheid als percentage van de organische N was 2,0%.





**Figuur 28** Toename van de hoeveelheid gemineraliseerde N ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ , als % van N-totaal) na incubatie van composten uit vrijloopstallen en referentiemeststoffen met zandgrond bij 20°C

#### 9.4 Discussie

Hoewel de N-mineralisatiegegevens nog niet compleet zijn, geven de al gedane metingen de indicatie dat de N uit vrijloopcompost trager tot even snel kan mineraliseren als de N uit runderdrijfmest. Omdat er bij drijfmest meteen na bemesting al een groot deel van de N in minerale vorm aanwezig is, is de voor gewasopname beschikbare N bij drijfmest echter veel hoger dan bij de vrijloopcomposten. Dit betekent dat, wanneer de vrijloopcompost als vervanger van runderdrijfmest wordt ingezet, er op korte termijn een forse daling in de voor gewassen opneembare N zal optreden. Hierdoor zal de gewasopbrengst op korte termijn aanzienlijk dalen.

Worden de verschillen tussen de meststoffen ter indicatie vertaald naar de gebruiksnorm dierlijke mest op jaarbasis, dan zou er uit de drijfmest op jaarbasis ongeveer  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  beschikbaar zijn voor gewasopname en uit de vrijloopcompost 15 tot 20 kg. Het verschil van 80 tot 85 kg correspondeert met een hoeveelheid N uit kunstmest van ongeveer  $115 \text{ tot } 120 \text{ kg ha}^{-1}$  (bij werkingscoëfficiënt N uit kunstmest van 70%). Bij een totale gebruiksnorm van  $320 \text{ kg N ha}^{-1}$  (zand, alleen maaien) correspondeert de lagere beschikbaarheid grofweg met een 35% lagere totaalgift (200 in plaats van  $320 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

Op basis van de tot nu toe gedane metingen lijkt vrijloopcompost voor de melkveehouderij minder geschikt als N-meststof voor de korte termijn. Op langere termijn zal er uit de vrijloopcompost meer N mineraliseren dan uit de drijfmest, maar het kan jaren duren voordat de gewasopbrengst weer (deels) hersteld is. Melkveehouders die deze omslag niet willen afwachten, kunnen ervoor kiezen om de vrijloopcompost deels in te zetten als bodemverbeteraar voor percelen met een laag organisch stofgehalte en de rest tegen een vergoeding af te zetten. De van het bedrijf afgevoerde compost kan vervangen worden door de aanvoer van runder- of varkensdrijfmest. Door deze combinatie van afzet en aanvoer kan financieel voordeel behaald worden. Een andere optie is om de compost op het erf na te composteren. Hierdoor daalt de C/N-verhouding en neemt de beschikbaarheid van de N voor gewasopname toe. De vraag is hoelang nacomposteren nodig is, hoeveel de waarde als N-meststof op de korte termijn daardoor toeneemt, en wat de N-verliezen bij deze compostering zijn.

## 9.5 Conclusies

- De samenstelling, afbreekbaarheid (stabiliteit), en N-mineralisatiesnelheid van de composten uit vrijloopstallen komen overeen met die van GFT-compost
- De lage gehalten van  $\text{NH}_4\text{-N}$  en  $\text{NO}_3\text{-N}$  in de vrijloopcompost wijzen op een verwaarloosbaar kleine kans op  $\text{NH}_3\text{-}$  en  $\text{N}_2\text{O}$ -emissie na aanwending op het land
- De C in drijfmest brak in dit onderzoek 6 tot 8x zo snel af als de C uit compost. De composten zullen dus bij eenzelfde C-gift veel sterker bijdragen aan de opbouw van bodemorganische stof en bodemvruchtbaarheid dan drijfmest.
- Hoewel de N uit vrijloopcompost even snel kan mineraliseren als de N uit drijfmest, is de beschikbaarheid van N voor gewasopname bij vrijloopcompost veel lager. Bij volledige vervanging van drijfmest door vrijloopcompost zal dit op korte termijn leiden tot een aanzienlijke opbrengstdaling. Om dit te voorkomen is aanpassing van de bemestingsstrategie nodig. Een mogelijkheid is om de vrijloopcompost deels in te zetten voor bodemverbetering (op percelen met lage gehalten organische stof) en de rest tegen financiële vergoeding af te zetten buiten het bedrijf. Ter compensatie kan dan drijfmest van buiten het bedrijf aangevoerd worden. Nacomposteren ter verhoging van de korte-termijn bemestende waarde kan ook mogelijkheid zijn.

## 10 Communicatie

### 10.1 Impact in de praktijk

De vrijloopstal op het bedrijf Wiersma is in december 2009 gereed gekomen. Sindsdien zijn er ca. 2500 bezoekers geweest, waarvan 90% melkveehouders en 10% adviseurs en beleidsmakers. Daarvan zijn ook veel bezoekers uit buitenland, zoals Denemarken, Noorwegen, Engeland, Duitsland en Oostenrijk. Naast de vele excursies zijn er ook twee intensieve studiedagen geweest in 2010 en 2011 met elk ca. 40 deelnemers. De stal en het systeem is veel beschreven in de pers en ook heeft het veel aandacht op internet. De stal van bedrijf Wiersma met een composteringsbodem spreekt erg aan, omdat het actieve beluchtingssysteem de compostering van houtsnippers met de mest van de koeien stimuleert. De warmteontwikkeling van het composteringproces zorgt voor extra verdamping van vocht en daardoor een stabiele droge toplaag die de koeien schoon houdt. Daarnaast levert het een goede meststof met veel organische stof. De bezoekers zijn vaak erg verrast dat de koeien in deze stal zo schoon zijn. Dat spreekt de praktijk erg aan. Ook wordt verwacht dat in dit type stal een langere levensduur van het vee gerealiseerd kan worden door beter dierenwelzijn en gezondheid. Deze langere levensduur kan er toe leiden dat er minder jongvee aangehouden hoeft te worden. In Nederland zijn al enkele melkveehouders die het systeem van Wiersma hebben nagevolgd. Daarnaast zijn er diverse melkveehouders die met hetzelfde systeem aan de slag willen en zijn bezig met plannen. Ook in het buitenland is men compostering met beluchting aan het uitproberen.

### 10.2 Vragen uit de praktijk

De zorgen en vragen van de bedrijfsbezoekers 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 aan klauwen, benen en uiers) van de dieren? Wat is de juiste ondergrond, het juiste bodemmateriaal en hoe moet je de bodem 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? Er zijn bijvoorbeeld zorgen over het zogenaamd 'stikstofgat'. Als er stikstof in de lucht zou verdwijnen, bijvoorbeeld als onschadelijk N<sub>2</sub>, zit er minder N in de mest. Mag deze 'verdwenen' N gecompenseerd worden met aanvoer van N uit kunstmest of dierlijke mest? En wat zijn de economische gevolgen van dit type stal, rekening houdend met bouwkosten, dierenwelzijn, diergezondheid, levensduur, bemesting en mestafzet. Ook zijn er nog veel vragen over het verkrijgen van een vergunning in relatie tot bouwblok en onzekerheid over emissies. En er zijn veel vragen over subsidieregelingen. De VAMIL regeling bijvoorbeeld sluit niet aan bij vrijloopstallen.

### 10.3 Open innovatieproces

De communicatie rondom de vrijloopstal van Wiersma middels excursies, studiedagen, artikelen in vakbladen en filmpjes op internet maakt onderdeel uit van een open innovatieproces rondom vrijloopstallen. De belangrijkste uitdagingen daarbij zijn de toplaag van de bodems droog te houden met minimale emissies uit de stal en bij aanwending op het land en tevens mag het geen risico's opleveren voor de melkkwaliteit. Ook de kosten van de stal en inpassing in het landschap zijn onderdeel van het innovatieproces. Op al deze gebieden is nog veel in ontwikkeling en zijn alle antwoorden er nog niet.

Gedurende het onderzoek en de discussies met experts is veel geleerd van de ervaringen van Wiersma. De composteringsbodem met actieve beluchting is gemeten qua emissies, hittestress voor koeien, dierenwelzijn, voedselkwaliteit, economie en arbeid. Om emissie van ammoniak te beperken zijn gesprekken gevoerd met composteringdeskundigen. De risico's van meer thermofiele sporenvormers in de bodem zijn bediscussieerd, hoewel nog onvoldoende duidelijk is welke gevolgen dit heeft voor de kwaliteit van de melk of producten uit melk. Het schoonmaken van uiers voor het melken vergt extra aandacht om eventuele risico's te voorkomen. Het beluchtingssysteem is aangepast om de emissie te beperken. Omdat vrijloopstallen meer m<sup>2</sup> per koe vergen, vraagt de bovenbouw extra aandacht, zowel om kosten te besparen als om de stal goed in het landschap te laten passen. Architecten voor andere bedrijven dan Wiersma hebben vrijloopstallen ontworpen met een foliekas als basis en een sierrand rondom.

#### 10.4 Unieke en gewaardeerde kennis is breed verspreid

De impact van de composteringsbodem van Wiersma is zeer groot, zowel nationaal als internationaal, omdat de bodem met het beluchtingssysteem internationaal een unieke vrijloopstal is, die goed werkt. Het bedrijf kan rekenen op veel aandacht en krijgt veel respect, ook internationaal. Het systeem van Wiersma wordt met foto's geïllustreerd in bijlage 1. In bijlage 3 en 4 staan voorbeelden van artikelen in de pers.

Artikelen verschenen over het bedrijf Wiersma:

- Veeteelt, februari 2010. Vrijloopstal met beluchttingsbodem.
- Boerderij, 15 februari 2011. Vrijloopstal met houtsnippers.
- Boerderij, 4 maart 2011. Grote stal goed ingepast in Omgeving. (Wiersma is één van de 2 beschreven cases)
- Veehouderijtechniek, maart 2011. 'Composteren moet': houtsnippers in Wiersma's stal.
- Veeteelt, april 2011. Vrijloopstallen in winterse omstandigheden. (reportage met 2 andere vrijloopstal bedrijven)
- Melkvee.nl, 7 mei 2011. Vrijloopstal met houtsnippers. (reportage bezoek studieclub)
- Leeuwarder Courant, 19 mei 2011. Geluk van de koe doet ertoe. (verslag seminar met Wiersma als één van de sprekers die prominent wordt aangehaald in het artikel)
- Agrabeton, november 2011. Vrijloopstal: alleen actief composteren werkt.

Daarnaast zijn er meer artikelen over vrijloopstallen in de pers verschenen waarin o.a. Wiersma wordt aangehaald. Ook zijn er artikelen verschenen in de pers in Denemarken en Duitsland en zijn in presentaties in Duitsland en Slovenie voor voorlichters en melkveehouders het perspectief van vrijloopstallen toegelicht. Bovendien zijn er op internet verslagen van studieclubs verschenen die het bedrijf hebben bezocht. Daarnaast is dit systeem op internet ook op forums bediscussieerd. Het filmpje dat MelkveeMagazine maakte over het bedrijf van Wiersma is op Youtube maar liefst ruim elfduizend keer bekeken.



## 11 Conclusies

De vrijloopstal van Wiersma is een grote verandering ten opzichte van een ligboxenstal. De dieren krijgen meer ruimte en worden in hun gedrag niet belemmerd door boxafscheidingen. De lig- en loopruimte is tevens mestopslag. Door houtsnippers te composteren met de mest van koeien ontstaat een meststof van gecomposteerde houtsnippers met mest die lijkt op compost, maar in de mestmarkt niet de status van compost heeft maar de status van mest. Door veel ruimte per koe is ook een grotere stal nodig. Wiersma heeft de stal landschappelijk ingepast door een speciale dakvorm.

De volgende duurzaamheidsaspecten zijn onderzocht en beoordeeld door te vergelijken met andere bedrijven:

- **Opbouw en management van de bodem**  
De vrijloopbodem van Wiersma bestaat uit een laag van 50 cm houtsnippers die met actieve beluchting vanuit de onderlaag samen met dagelijks frezen van de toplaag dit materiaal en de mest composteert. Door de warmteontwikkeling ontstaat een droge toplaag. De hoeveelheid houtsnippers bevat meer dan voldoende energie om het vocht uit de urine en feces, die de koeien dagelijks aan de bodem toevoegen, te verdampen. De mate van beluchting is wel belangrijk om emissies te beperken. De beluchting is daarom aangepast van 1 keer daags een uur naar 4 keer daags een kwartier. Om voldoende warmte in de bodem te houden is de ervaring dat tijdens koude winterdagen de beluchting en ventilatie beperkt moet worden. In november wordt gestart met een nieuwe bodem, zodat in de vochtige wintermaanden er voldoende vocht geabsorbeerd kan worden en er voldoende energie is voor het composteringsproces. Het volume neemt in de loop der tijd af door het composteringsproces, daarom wordt regelmatig extra materiaal toegevoegd.
- **Dierenwelzijn en gezondheid**  
Het dierenwelzijn is beoordeeld met het Welfare Quality protocol. Daaruit blijkt dat koeien in een vrijloopstal sneller gaan liggen dan in een ligboxenstal. De koeien op het bedrijf van Wiersma waren schoner dan in de meeste potstallen met stro en ook schoner dan vee in veel ligboxenstallen. De lichaamsconditie van de koeien was gemiddeld. De dieren van Wiersma hadden nauwelijks huidbeschadigingen. Op het bedrijf waren iets minder kreupele dieren dan gemiddeld. De vrijloopbodem is zacht en geeft grip, echter de betonvloer achter het voerhek was glad. Er zijn weinig agonistische interacties. Het ontbreken van vechten, najagen en opjagen heeft waarschijnlijk te maken met de grote ruimte per dier. Er is dus meer rust in de stal. Samengevat is het welzijn bovengemiddeld.  
Het tankcelgetal, wat een indicatie voor mastitis is, is na in gebruik name van de vrijloopstal niet veranderd. Het blijft laag. Er zijn vooral na in gebruik name van de vrijloopstal veel dieren voor het leven afgevoerd, bovendien zijn dieren aangekocht. Afvoer vanwege acute gezondheidsproblemen lijken niet veel voor te komen.  
Het klimaat in de stal is sterk vergelijkbaar met het buitenklimaat, ondanks de warmteproductie in het ligbed. Deze warmteproductie leidt ook niet tot een hogere kans op hittestress of een verhoogde ademhalingsnelheid. De huidtemperatuur loopt tijdens het liggen geleidelijk op, maar niet meer dan bij een niet warmte producerend ligbed.
- **Milieu en klimaat**  
*Totaal N-verlies*  
De N-verliezen van de vrijloopstal zijn berekend op basis van samenstelling van het bodemmateriaal en ingeschatte aanvoer via voer. De verwachting was dat door composteren er veel N verloren gaat. Echter in de vrijloopstal van Wiersma is sprake van een ander composteringsproces dan op een composteringsfabriek, waarin in korte tijd (enkele weken) compost wordt gemaakt. Op bedrijf Wiersma wordt hele jaar door minder intensief gecomposteerd. Het totale N-verlies van de vrijloopbodem bleef beperkt tot 17% van de N-excretie met urine en feces. Dit is wel iets hoger dan 10,3% N-verlies van de roostervloer. Het totale N-verlies van de stal is 13,4 % van de N-excretie. Van de N-excretie kwam 46% op de vrijloopbodem terecht en 54% op de roostervloer, van de P-excretie respectievelijk 53% en 47% en van de K-excretie respectievelijk 45% en 55%. Tijdens de compostering ging 59% van de met houtsnippers en mest aangevoerde C verloren naar de atmosfeer.

- *Emissies in bedrijfsverband*

De emissies van ammoniak en broeikasgassen (lachgas en methaan) zijn gemeten in de stal. De emissies zijn ook beoordeeld in bedrijfsverband door op basis van bekend onderzoek de emissies tijdens opslag en bij aanwending in te schatten. Daaruit kan het volgende geconcludeerd worden:

*Stal*

De ammoniakemissie per m<sup>2</sup> van de compostbodem ligt beduidend lager dan de emissie van een roostervloer. Zelfs als die emissie van de roostervloer zoals gemeten bij Wiersma ongeveer de helft bedraagt van wat gebruikelijk is. Bij gekozen uitgangspunten varieert de relatieve ammoniakemissie per dier uit de vrijloopstal tussen de 60% en 83% van die van een ligboxenstal. Broeikasgasemissie variëren erg tussen en binnen meetdagen. Er lijkt echter sprake te zijn van een hogere lachgasemissie vergeleken met een roostervloer. De methaanemissie daarentegen is weer lager. In vergelijking met andere vrijloopstallen scoort Wiersma wat betreft ammoniak- en lachgasemissie beter en wat betreft methaanemissie slechter.

*Opslag*

Op basis van de (weinige) bekende gegevens kunnen de emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub> tijdens de opslag van (vrijloop)compost als verwaarloosbaar klein beschouwd worden

*Aanwending op land:*

De N<sub>2</sub>O-emissie na het onderwerken van (vrijloop)compost op bouwland is -0,30% van de totaal toegediende N, vergeleken met 1,3% en 0,3% bij het emissiearm aanwenden van drijfmest op respectievelijk bouwland en grasland. De N<sub>2</sub>O-emissie na het oppervlakkig aanwenden van (vrijloop)compost op grasland is onbekend, maar zeker niet hoger dan -0,30%

De NH<sub>3</sub>-emissie na het aanwenden van (vrijloop)compost op gras- of bouwland is verwaarloosbaar klein, vergeleken met een verlies van 9,3% en 10,7% van de totaal toegediende N bij de emissiearme aanwending van drijfmest op respectievelijk grasland en bouwland

De CH<sub>4</sub>-emissie na het aanwenden van (vrijloop)compost op gras- of bouwland is onbekend, maar lager dan na aanwending van drijfmest

- *Economie en arbeid*

De stal van Wiersma is onderbezet door een stijging van de productie per koe. Bij de huidige bezetting zijn de jaarlijkse kosten € 3,2 per 100 kg melk hoger dan een ligboxenstal met een diepstrooiselsysteem. Uitgaande van de volle bezetting zijn de jaarlijkse kosten vergelijkbaar met een ligboxenstal. De bovenbouw is duurder door meer ruimte per koe, echter de onderbouw en inrichting is goedkoper. Het rendement van een vrijloopstal wordt echter sterk bepaald door de aanvoerprijs van het bodemmateriaal, de waarde van het eindproduct (gecomposteerde houtsnippers en mest) en de levensduur van het vee. Als rekening wordt gehouden met minder gedwongen afvoer en minder kosten voor mestafzet op intensieve bedrijven zullen de jaarlijkse kosten van de vrijloopstal lager zijn dan van een diervriendelijke ligboxenstal met diepstrooiselmateriaal.

- *Voedselkwaliteit*

De (compost)bodems van vrijloopstallen vormen geen verhoogd risico ten aanzien van het voorkomen van de mastitisveroorzakers *Klebsiella* en *E. coli*, maar mogelijk wel ten aanzien van specifieke bacteriesporen in relatie tot de kwaliteit van melk en zuivelproducten, in het bijzonder sporen van thermofiele sporenvormers. Het is nog onduidelijk of meer sporenvormers leidt tot economische schade of verminderde kwaliteit van eindproducten.

- *Bodemvruchtbaarheid*

De samenstelling, afbreekbaarheid (stabiliteit), en N-mineralisatiesnelheid van de composten uit vrijloopstallen komen overeen met die van GFT-compost

De lage gehalten van NH<sub>4</sub>-N en NO<sub>3</sub>-N in de vrijloopcompost wijzen op een verwaarloosbaar kleine kans op NH<sub>3</sub>- en N<sub>2</sub>O-emissie na aanwending op het land

De C in drijfmest brak in dit onderzoek 6 tot 8x zo snel af als de C uit compost. De composten zullen dus bij eenzelfde C-gift veel sterker bijdragen aan de opbouw van bodemorganische stof en bodemvruchtbaarheid dan drijfmest.

Hoewel de N uit vrijloopcompost even snel kan mineraliseren als de N uit drijfmest, is de beschikbaarheid van N voor gewasopname bij vrijloopcompost veel lager. Bij volledige vervanging van drijfmest door vrijloopcompost zal dit op korte termijn leiden tot een aanzienlijke

opbrengstdaling. Om dit te voorkomen is aanpassing van de bemestingsstrategie nodig. Een mogelijkheid is om de vrijloopcompost deels in te zetten voor bodemverbetering (op percelen met lage gehalten organische stof) en de rest tegen financiële vergoeding af te zetten buiten het bedrijf. Ter compensatie kan dan drijfmest van buiten het bedrijf aangevoerd worden. Na composteren ter verhoging van de korte-termijn bemestende waarde kan ook mogelijkheid zijn.

- **Communicatie**  
De open communicatie rondom Wiersma en zijn bedrijf in de vorm van excursies, inleidingen, studiedagen, artikelen, filmbeelden en onderwijsopdrachten heeft geleid tot een grote impact in Nederland en buitenland. Er zijn ruim 2500 bezoekers geweest waarvan 90% melkveehouders. De bezoekers hebben veel waardering voor het managen van de vrijloopstal door Wiersma en het realiseren van goed dierenwelzijn, goede productie per koe met laag celgetal en maken van goede mest. De interesse is groot wat ook blijkt uit de meer dan 11.000 bezoekers van het filmpje op Youtube.

## Literatuur

- Barberg, A.E., M.I. Endres, J.A. Salfer, and J.K. Reneau. 2007. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *J. Dairy Sci.* 90:1575-1583.
- Berman, A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J. Anim Sci.* 83:1377-1384.
- Brown-Brandl, T. M., J. A. Nienaber, R. A. Eigenberg, G. L. Hahn, and H. Freetly. 2003. Thermoregulatory responses of feeder cattle. *Journal of Thermal Biology* 28:149-157.
- Brown-Brandl, T. M., J. A. Nienaber, R. A. Eigenberg, T. L. Mader, J. L. Morrow, and J. W. Dailey. 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livest. Science* 105:19-26.
- CVB, 2007. Tabellenboek Veevoeding 2007 – voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders. CVB-reeks 33, Productschap Diervoer, Den Haag.
- De Boer, H.C., Bloem, J. 2010. Voorspelling van de bemestende waarde (N) van runderdrijfmest. Rapport 359, Livestock Research, Lelystad.
- Endres, M.I., and A.E. Barberg. 2007. Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. *J. Dairy Sci.* 90:4192-4200.
- Fisher, W. 2011. Gedrag van melkkoeien in de compoststal en ligboxenstal. Een studie naar verschillen in liggedragingen. Verslag studentenonderzoeksproject Van Hall Larenstein, Leeuwarden.
- Fregonesi, J.A., D.M. Veira, M.A.G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2007. Effects of Bedding Quality on Lying Behavior of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90:5468–5472.
- Fregonesi, J.A., M.A.G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2009. Cow preference and usage of free stalls compared with an open pack area. *J. Dairy Sci.* 92:5497–5502.
- Gaughan, J. B., T. L. Mader, S. M. Holt, and A. Lisle. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim Sci.* 86:226-234.
- Gustafson, G.M. 2010. Partitioning of nutrients and trace elements in feed among milk, faeces and urine by lactating dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* 50: 111-120.
- Hoekstra, N. en A. Lekkerkerker. 2011. Eindverslag HLB200 “onderzoek naar vrijloopstallen”. Verslag studentenonderzoeksproject Van Hall Larenstein, Leeuwarden.
- Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove, and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77:59-91.
- KWIN, 2011. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2011-2012. Handboek 21, Livestock Research, Lelystad.
- Lobeck, K.M., M.I. Endres, E.M. Shane, S.M. Godden, and J. Fetrow. 2011. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *J. Dairy Sci.* 94:5469–5479.
- Middendorp, B.J. van en M. Cornelissen. 2009. Gedrag van koeien in een vrijloopstal. Verslag praktijkonderzoek CAH Dronten.
- Mosquera, J., G.J. Kasper, K. Blanken, F. Dousma, A.J.A. Aarnink. 2010. Ontwikkeling snelle meetmethode ter bepaling van ammoniakemissiereductie van vloergebonden maatregelen. Rapport 291, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad
- Ravagnolo, O., I. Misztal, and G. Hoogenboom. 2000. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function. *Journal of Dairy Science* 83:2120-2125.
- Rutherford, K.M.D., F.M. Langford, M.C. Jack, L. Sherwood, A.B. Lawrence, and M.J. Haskell. 2009. Lameness prevalence and risk factors in organic and non-organic dairy herds in the United Kingdom. *The Veterinary Journal* 180:95–105.
- Schütz, K. E., A. R. Rogers, Y. A. Poulouin, N. R. Cox, and C. B. Tucker. 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93:125-133.
- Somers, J. 2004. Claw disorders and disturbed locomotion in dairy cows: the effect of floor systems and implications for animal welfare. Proefschrift, Universiteit Utrecht, Faculteit Diergeneeskunde.



- Smits, M.C.J., Blanken, K., Bokma, S., Galama, P., Van Dooren, H.J., Szanto, G.L. 2012. Bodemmaterialen voor vrijloopstallen; eigenschappen in relatie tot compostering en gasvormige emissies bij menging met mest en urine. Rapport Livestock Research, Lelystad.
- Velthof G.L., van Bruggen, C., Groenestein, C.M., de Haan, B.J., Hoogeveen, M.W., Huijsmans, J.F.M. 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland. Rapport 70, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- Velthof, G.L., Oenema, O. 2010. Estimation of plant-available nitrogen in soils using rapid chemical and biological methods. Communications in Soil Science and Plant Analysis 41:52-71.
- Velthof G.L., Mosquera J. 2011. Calculation of nitrous oxide emission from agriculture in the Netherlands: update of emission factors and leaching fraction. Rapport 2151, Alterra, Wageningen.
- WUM, 2009. Dierlijke mest en mineralen 2009. Centraal Bureau voor de Statistiek, den Haag.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Bedrijf Wiersma in beeld

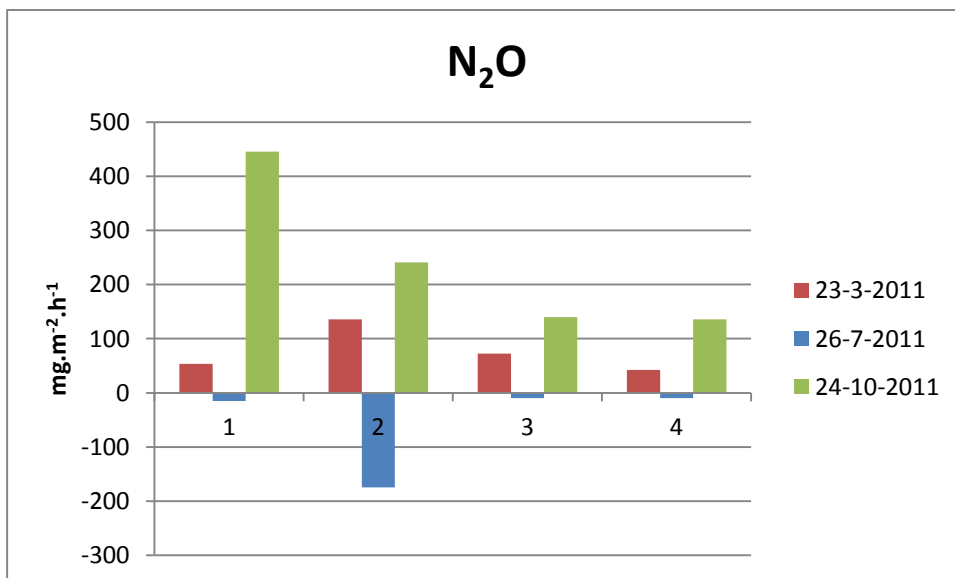
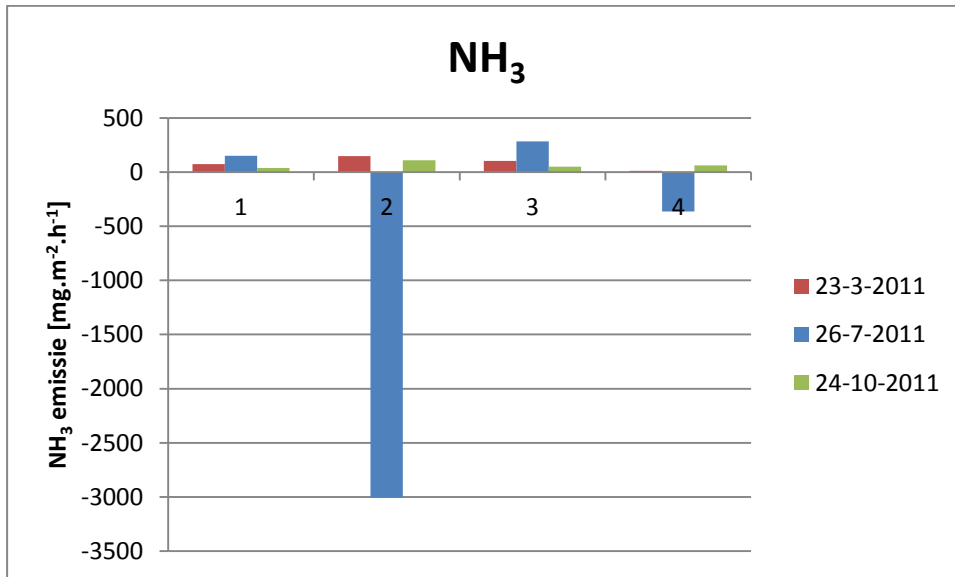
De tweede compoststal in Nederland op bedrijf Wiersma in Midwolde (Groningen). De stal is begin december 2009 klaargekomen. De bovenbouw is een vrije overspanning met geïsoleerde panelen. De bodem bestaat uit 50 cm grove houtsnippers. In de bodem zijn tussen de betonplaten buizen aangelegd voor een beluchtingsysteem.

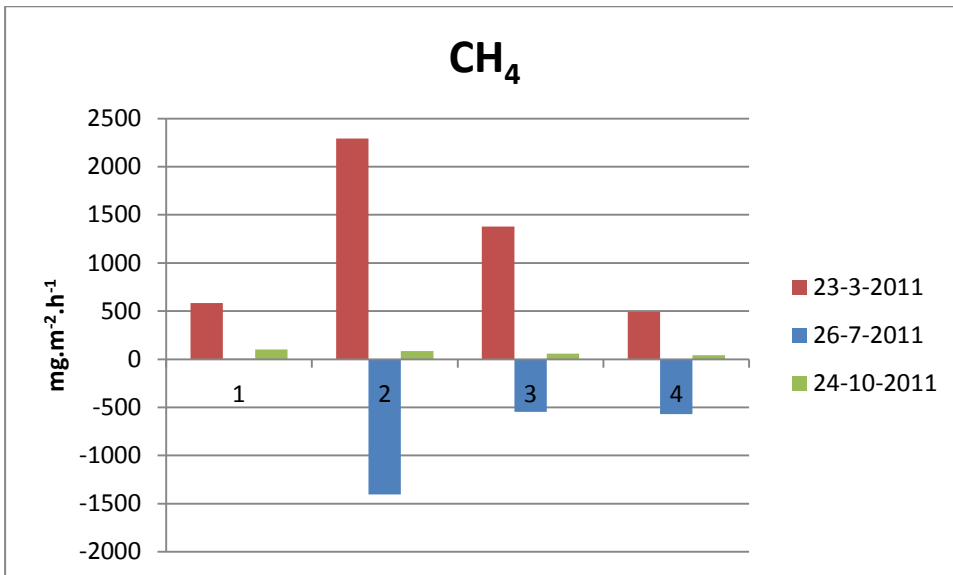
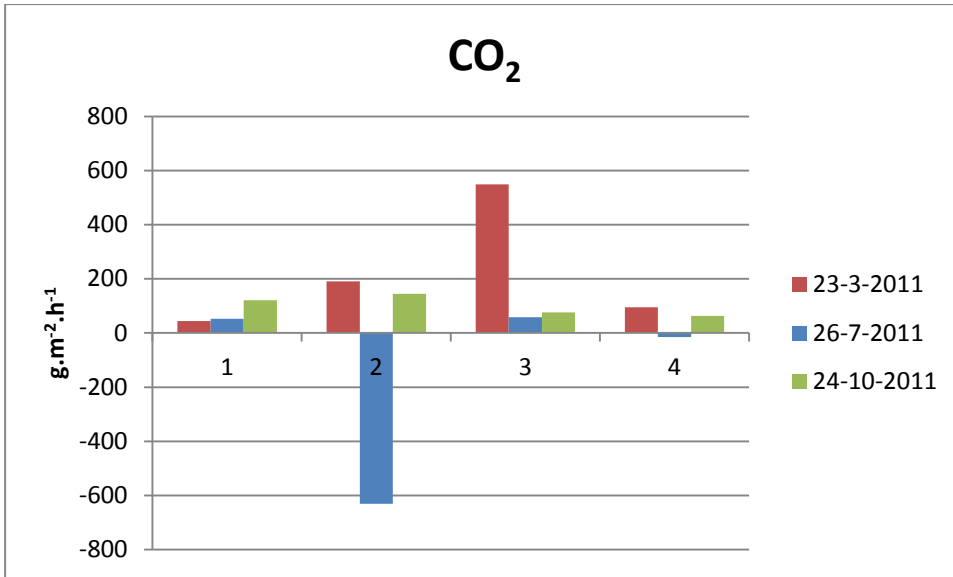


Beluchtingsysteem



**Bijlage 2      Emissiegrafieken 2011 inclusief betwijfelde metingen**







Bijlage 3 Artikel in Veeveelt

BEDRIJFSREPORTAGE	
<p><b>Meindert en Janet Wiersma</b>                      Afgelopen december nam vol Ottema-Wiersma uit Midwolde de nieuwe vrijloopstal van 1150 m<sup>2</sup> in gebruik met een compostbodem van houtsnippers.</p> 	
Eigenaren:	Meindert en Janet Wiersma-Ottema, Jenne en Alie Ottema
Melkquotum:	570.000
Veestapel:	60 melkkoeien, 50 stuks jongvee
Oppervlakte:	50 hectare
Productie:	9600 kg melk, 4,00%, 3,45%
Staltype:	vrijloop met houtsnippers
Melkstal:	2x10 zij-aan-zij swingover
Kosten:	600.000 euro excl. melkstal



Meindert Wiersma



Beluchting van de bodem zorgt voor compostering

Eerste vrijloopstal met compostbodem en houtsnippers staat bij familie Ottema-Wiersma

# Vrijloopstal met beluchtingsbodem

De zestig melkkoeien van familie Ottema-Wiersma lopen sinds twee maanden in een vrijloopstal. Op de bodem ligt 55 centimeter houtsnippers die worden belucht met een frees én een beluchtingsinstallatie. Meindert Wiersma: 'In Amerika is er meer ervaring met compoststallen. Op internet vind je genoeg informatie.'

tekst Alice Boeij



Nog nooit had Meindert Wiersma een vrijloopstal gezien toen vorig jaar werd begonnen met de bouw van hun eigen stal in het Groningse Midwolde. 'Wij wilden niet weer een ligboxstal. Ondanks dat er elk jaar weer allerlei nieuws wordt uitgevonden om het de koeien gemakkelijker te maken, blijft het voor de koe behelpen met die afscheidingen en betonnen roostervloer.'

De 43-jarige veehouder wilde per se een vrijloopstal bouwen. 'Vraag het maar aan de koe, dan wil ze een vrijloopstal.' De inzet is een duurzame veestapel. 'De koeien moeten gemiddeld een jaar of zes worden. Dat kan alleen als je alles om ze heen goed voor elkaar hebt.'

### Info van Internet

Eigenlijk heeft Wiersma het idee voor zijn stal met behulp van internet verder uitgewerkt. Hij zag een foto van een vrij-





De stal is compleet open, zonder deuren en zonder zeil



Frezen geeft kleinere deeltjes dan cultiveren

loopstal in een vaktijdschrift, nestelde zich achter de computer en begon te googelen. 'Op de website van Courage staat veel informatie vanuit Amerika over vrijloopstallen, inclusief foto's en filmpjes. Toen ik die zag, wist ik dat we zo'n stal zouden gaan bouwen.'

De bouw aanvraag duurde een jaar en in de zomer van 2009 verrees de nieuwe stal, die over de oude heen werd geplaatst. 'We hadden een 1+1-rijige ligboxenstal. De kelders hebben we intact gelaten - we hebben nu voor twee jaar drijfmestopslag - en aan één kant zijn de boxdekken vervangen door roosters.' Door dat te doen ontstaat achter het voerhek een loopruimte van maar liefst 5,5 meter. De koelen kunnen dan op gelijke hoogte de pot inlopen. Daar hebben ze 1150 vierkante meter oppervlakte tot hun beschikking. 'Als de bak goed werkt, moeten er 150 koelen in kunnen, dan

hebben ze nog ruim 7,6 vierkante meter per koe. In Amerika werken ze met 7,5 vierkante meter per koe.'

#### Compost met houtsnippers

Op de bodem van de pot ligt 55 centimeter grove houtsnippers. 'Die kan ik hier in de omgeving genoeg krijgen voor 6 euro per kuub. Wanneer ik er zaagsel in had gedaan, had het volstorten al 10.000 euro gekost.' Het principe achter de compostvloer is dat de mest gecomposteerd wordt. 'De mest met de houtsnippers krijgt een temperatuur van een graad of 60 en zo composteert de bodem.'

Om het proces in de bodem te stimuleren, is lucht noodzakelijk. 'Ik ga er dagelijks met een frees doorheen. Daarmee breng ik er lucht bij en houd de bovenkant schoon', licht de veehouder toe. 'Een cultivator is te grof, met een frees

maak ik de deeltjes nog kleiner en dat betekent meer oppervlak en meer vrijkomende koolstof die de stikstof uit de mest bindt. Zo stimuleer je een ideale compostering.'

De koelen blijven na het frezen de eerste paar uur uit de pot, vertelt Wiersma. 'Dan is de bovengrond te los en te vochtig en ook te warm. Als het is afgekoeld liggen ze er graag op.' De bovenlaag van de pot heeft de buitentemperatuur. Zo'n 5 centimeter naar beneden wordt het al flink warmer. 'De hoge temperatuur doodt ook mastitisbacteriën. Ons celgetal ligt nog steeds onder de 100.000 cellen per ml.'

#### Beluchten van onder en boven

Uniek in de stal is de beluchtingsinstallatie die onderin de pot en tussen de betonnen vloer ligt. Negen dikke polyethyleenbuizen en een ventilator zorgen





BEDRIJFSREPORTAGE



De swingovermelkstal is helemaal dicht



De melkcapaciteit ligt op 80 koeien per uur



Krachtvoerbakken in de wachtruimte

ervoor dat er lucht door de bodem heen geblazen wordt en de bodem ook van onderen af genoeg zuurstof krijgt. 'Compost kan alleen ontstaan met voldoende zuurstof. Die is nodig voor een goede omzetting. Composteerinstallaties werken ook op deze manier. Dit jaar hangen we nog twee grote ventilatoren in de stal om de toplaag sneller af te koelen en te drogen.' Gevolg van de compostering is wel dat de bodem na verloop van tijd inklinkt. Dat gebeurde de eerste twee maanden al. 'Op een gegeven moment raakte ik de betonbodem met de frees. Toen hebben we er 40 kuub bijgestort.' Wiersma verwacht elke week zo'n 20 kuub houtsnippers te moeten bijstrooien.

Is de stal emissiearm? 'De emissie per vierkante meter lijkt me echt veel minder, maar omdat de koeien veel oppervlakte per dier hebben, komt de stal uiteindelijk wellicht niet zo goed uit.' De veehouder weet dat zijn bodem het grote vraagteken in het stalconcept is. 'Ik heb geen idee hoe de bodem zich verder ontwikkelt en wanneer we hem er helemaal uit moeten halen en moeten vervangen door nieuwe houtsnippers', geeft hij aan. 'Ik weet wel dat de compost van bijzonder goede kwaliteit zal zijn, veel bemestende waarde heeft voor ons land, maar ook goed verkoopbaar is voor bijvoorbeeld hoveniers en akkerbouw.'

Onder de bodem van 55 cm en tussen het beton lopen de beluchtingsbuizen



De eerste ervaringen zijn goed. 'Ondanks koud winterweer en zonder dat we de beluchting aan de gang hebben, vindt er al een goede omzetting plaats. Over een jaar weten we meer en over drie jaar nog meer. En als het niet blijkt te werken kan er altijd nog stro in.'

**Vrije overspanning**

Opmerkelijk is de vrije overspanning van de hele stalconstructie. Een paar standpijpen houden de hekken tussen roostervloer en pot 'vast'. 'We kunnen wisselen met de plaats van inlopen naar de pot. Zo voorkomen we dat het bij de in- en uitlopen heel smerig wordt.'

In de pot is geen obstakel te vinden. 'Ik wilde per se geen standers in de stal hebben, want daar heb je met het bewerken altijd last van.' Zo ontstond er een vrij dure constructie van vakwerkspannen. 'De spanten waren duurder, maar de fundering kon weer goedkoper door de lichtere constructie van de spanten.' Opvallend is ook de openheid van de stal. 'Nee, er komt geen gas of zeil voor. Iedereen vraagt ernaar, behalve de veearts. Het moet zo open mogelijk blijven.'

De stal mag dan open zijn, de nieuwe melkstal is bijna tot de nok toe dicht. In de compacte 2x10 zij-aan-zij swingovermelkstal is de bovenste meter met zeil te sluiten. 'De stal heeft een capaciteit van tachtig koeien per uur', zegt Wiersma.

Een kwart van de koeien die de veehouder melkt, is gekruist met montbelliarde en fleckvieh. 'Als je de stal niet goed genoeg voor elkaar hebt, zoek je een ander type koe.' De uniformiteit laat echter te wensen over. 'Ik heb koeien van 1,35 en van 1,60 meter. Bovendien is in productie de variatie groot.'

Met de nieuwe stal besloot Wiersma ook het fokkerijbeleid weer over een andere boeg te gooien. 'We zetten weer volledig in op holstein met het triple-A-systeem.' Hij verwacht met de nieuwe stal een duurzame veestapel te kunnen opbouwen. 'Het doel is over vijf jaar een productie van 12.000 kilo melk met 4% vet en 3,60% eiwit te hebben.' Een hogere melkproductie realiseert Wiersma vooral door een hogere leeftijd van de koeien. 'We streven naar een gemiddelde leeftijd van meer dan zes jaar.'

Plek voor jongvee is er dan ook beperkt in de nieuwe stal. 'In de oude rij ligboxen hebben we twintig plekken voor jongvee ouder dan een jaar en tien voor jonger dan een jaar', geeft de veehouder aan. 'Alleen al door minder jongvee op te fokken betaalt de stal zich weer terug.'

**Geen open dag**

Collega's die met smart wachten op een open dag moet Wiersma teleurstellen. 'We hebben een verhaal te vertellen en dat kan niet wanneer er duizend mensen op het erf lopen.' De melkveehouder stelt zijn bedrijf vanaf november open voor groepen. 'Zo kan er interactie zijn over de keuzes die we gemaakt hebben en de ervaringen die we hebben opgedaan.'

Over die ervaringen is Meindert eerlijk. 'Als ik hem weer zou bouwen, zou ik het weer anders doen. Een boog- of tentstal is een nog goedkopere bovenbouw en dan zou ik alleen de stal overkappen. Dan kun je gemakkelijk bouwen onder de 3000 euro per koe. Het voeren kan ook op een andere plek, wat mij betreft zo uit de silo. De melkstal zou ik los zetten van de stal. Op die manier houd je voor de toekomst meer bouw mogelijkheden open.'

# 'Composteren moet'

## Houtsnippers in Wiersma's stal

In een vrijloopstal moet de mest composteren. Mest drogen werkt niet, meent melkveehouder Meindert Wiersma. Hij lijkt gelijk te krijgen.

Tekst en foto's: Gertjan Zevenbergen

**D**e koeien in de vrijloopstal liggen op hun gemak op het rulle ligbed. Ze draaien zich af en toe om of liggen voor dood. Sinds december 2009 houdt de vof Ottema-Wiersma uit Midwolde (Gr.) haar koeien in een composteringsstal. En dat is dus heel iets anders dan een compoststal, laat de melkveehouder fijntjes weten. Lopen de koeien in de compoststal op een bed van al gecomposteerd materiaal, bij Meindert Wiersma lopen en liggen de 60 melkkoeien op een bed van grove houtsnippers. Hout dat samen met de mest van de koeien juist compost moet opleveren. Toen de oude ligboxenstal versleten was, oriënteerde de veehouder zich op een nieuwe stal. Eentje met meer ruimte en mander ijer. Tijdens zijn zoektocht suuite hij op de Amerikaanse vrijloopstallen waarover Veehouderij Techniek in november 2007 schreef. In deze stallen vormt voornamelijk zaagsel het ligbed dat samen met mest composteert. Het drogen van mest, zoals in stallen in Israël, Zuid-Korea en enkele in Nederland, ziet Wiersma niet zitten.

"Daar is ons klimaat niet geschikt voor. In de zomer lukt het nog wel, maar 's winters droogt de mest niet. We hebben te weinig zon, te weinig warmte en de luchtvochtigheid is te hoog." Het bed wordt nat en klinkt in, zoals in verschillende Nederlandse vrijloopstallen al is te zien. Daardoor zakt de urine niet meer in het bed en komt het meteen in aanraking met de mest. "Dan groeit de kans op ammoniak uitstoot. 's Winters moet je composteren. Je komt er niet onderuit."

**Polyethyleen buizen met gaatjes**  
Wiersma leerde uit onderzoeksrapporten van de Universiteit van Minnesota op internet hoe hij de stal moest bouwen en inrichten. De aan drie kanten open stal is 39,5 meter breed en 66,5 meter lang. De voergang loopt door de stal, en 5,5 meter achter het voerhek liet de veehouder een rooster-vloer leggen. Eronder ligt een drijfmestopslag van 1.750 m<sup>3</sup>. De composteringsbak is 22x51,5 meter groot en ruim 50 cm diep. De 60 koeien en het oudste jongvee hebben

dus 15 m<sup>2</sup> ligbed tot hun beschikking. Zit de stal vol – hij is gebouwd voor 100 koeien – dan zullen ze het met 11 m<sup>2</sup> moeten doen. "De houtsnippers in die bak zijn onze koolstofbron. De koeienmest zorgt voor de stikstof. Die wordt aan de koolstof in het bed gebonden." Bacteriën zetten dat mengsel vervolgens om in compost. Dat gaat niet vanzelf. Er is veel zuurstof voor nodig. Een dagelijkse bewerking met een frees houdt de bovenste laag zuurstofrijk. Maar dat is niet genoeg. Ook in de diepere lagen van de bodem moet zuurstof aanwezig zijn. Een beluchtingsysteem, zoals composteringsbedrijven gebruiken, biedt uitkomst. Tussen de 13 cm dikke, 2 meter lange en brede betonplaten die de bodem van de stal vormen, liggen geperfbreerde polyethyleen buizen met een diameter van 20 cm. De bovenkanten van de buizen liggen 2 cm lager dan de betonplaten. Hart op hart liggen de buizen in negen banen 2,20 meter uit elkaar. Achteraan in de stal zijn de buizen met elkaar verbonden. Een ventilator, die vroeger springkussens opblies, met een



### Bedrijfsgegevens

Meindert Wiersma (43) melkt in Midwolde (Gr.) in vof Ottema-Wiersma met zijn vrouw en schoonouders een melkquotum van 600.000 liter vol. De 60 melken kalfkoeien lopen sinds december 2009 in een vrijloopstal. Bij het bedrijf hoort 50 hectare grond waarvan op 30 hectare gras groeit. Op de overige 20 hectare slaat maais, voornamelijk voor verkoop.







Met hefhekkens voorkomt Wiersma dat koeien te vaak vanaf de roosters voor het voerhek op hetzelfde punt de bak in- en uitlopen en de bodem verdichten.

‘Vlak voor de winter is de bodem uitgewerkt...’



Zo goed als dagelijks wordt de bodem met een frees tot 35 cm diepte losgemaakt. De temperatuur bereikt door compostering een temperatuur van 55 °C.

potentiele luchtopbrengst van 40.000 m<sup>3</sup> per uur, brengt door de buizen bij een tegendruk van 0,8 bar 22.000 m<sup>3</sup> lucht per uur in het bed. Iedere buis heeft zijn eigen handbediende en nauwkeurig regelbare afsluiter. Wiersma draaide de afsluiters helemaal open om er sindsdien niet meer aan te komen. Om er zeker van te zijn dat overal evenveel zuurstof in het bed terecht komt, hebben de buizen een uitgekiend gatenpatroon. Wiersma: “Hoe verder naar achteren, hoe groter de weerstand. Wil je overal evenveel lucht krijgen, dan luisteren de grootte van de gaten en de ruimte die tussen de gaten zit nauw. Net als de doorsnede van de buis.” Wiersma liet het buizenplan uitrekenen door het composteringsbedrijf. De eerste 17 meter vanaf de blazer zijn iedere 30 cm 6 mm grote gaten in de bovenkant van de buis geboord. De volgende 17 meter zijn de gaten op 25 cm van elkaar te vinden. De 9 meter daarna zijn de gaten 8 mm groot en op 30 cm van elkaar geplaatst. De laatste 9 meter van de buis heeft 8 mm grote gaten die op 25 cm afstand van elkaar zijn geboord.

#### Hefhekkens regelen koeverkeer

Om te voorkomen dat de koeien het bed aandrukken, waardoor de compostering

stopt, regelt Wiersma de plaats waar zijn koeien de stal in stappen met tien 4,40 meter brede hefhekkens. Ze staan om en om open, de volgende dag verlenen de andere vijf hekkens doorgang. Daarnaast staan de koeien niet op de compostbodem, maar op een roostervloer te vreten en zijn de waterbakken boven de roostervloer geplaatst. Er morst dus geen water in de bak met houtsnippers. Alleen zo kunnen de composteringsbacteriën de temperatuur in de bodem tot gemiddeld 55 graden Celsius laten stijgen. Een temperatuur die ziekteverwekkers doodt. Dat er ook vocht verdampt, is goed te zien als Wiersma de ventilator aanzet en lucht door de buizen blaast. Binnen 10 minuten komt er tijdens een koude voorjaarsdag damp uit de bodem. De veehouder zet de ventilator dagelijks een halftuur voor het voeren, 's ochtends om half tien, aan en laat hem een uur draaien. Daarnaast freest hij de bodem zo goed als dagelijks. “In de zomer, als de compostering goed op gang is, kun je wel een dag overslaan.” Niet dat de veehouder veel tijd kwijt is aan de bewerking. Binnen een halftuur is de bak tot op een diepte van 35 cm met de 2,85 meter brede frees bewerkt. Is de bodem nog niet zw en zijn de stukken houtsnippers groot, dan draait de 120 pk John Deere daar

zijn hand niet voor om. Zodra de bodem meer composteert en op ruïnaarde lijkt, krijgt de trekker het wel zwaarder.

#### Extra kosten: 40.000 euro

Dan wordt het ook tijd om de bodem te vervangen. Want ook compostering van de houtsnippers is geen oneindig proces, weet Wiersma. Het bed moet jaarlijks vernieuwd worden. “In de herfst, vlak voor de winter, is de bodem uitgewerkt. Er is geen koolstof meer over dat nog stikstof kan binden.” Om de hele bak met een meter dikke laag te vullen is de eerste keer 200 ton aan snippers nodig. In de winter komt er nog 200 ton bij. Een jaar later blijft daar 50 cm compost van over, dat Wiersma over zijn land uitrijdt. De houtsnippers kosten de veehouder zo'n 20 euro per ton. Ze staan als strooisel en niet als meststof te boek. Inclusief betonnen bodem, buizen en ventilator kostte het beluchtingsstelsel 40.000 euro, becijfert Wiersma. Hij is tevreden. Ondanks de acht E. coli-gevallen tijdens de opstart in maart 2010. De temperatuur lag toen even rond 40 graden. “Ideaal voor bacteriegroei.” Nu ligt het getal tussen 70.000 en 90.000 en de productie steeg van 9.500 kg tot 11.000 kg per koe. “De stal was duidelijk de beperkende factor.” [7]



Wageningen UR Livestock Research

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

E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)