

Opvang en vervoederen van hemelwater op Aver Heino



Opvang en vervoederen van hemelwater op Aver Heino

J.A.M. Verstappen-Boerekamp
G.M.V.H. Wolters
H. A. van Schooten

Voorwoord

Hemelwater wordt op melkveebedrijven op kleine schaal toegepast. Op Aver Heino is in 1995 gestart met de opvang van hemelwater voor het drenken van vee. Het project is medegefinancierd door de waterleidingmaatschappij Overijssel (WMO) en de Provincie Overijssel via de Stichting Stimuland. De projectgroep die op Aver Heino het project heeft opgezet en begeleid bestaat uit de volgende personen: dhr. Swienink (Stimuland), dhr. Hoeyenbosch (WAVIN), mevr. Doornbos (WMO), mevr. Oude Luttikhuis (veehouder), dhr. Muller (PR - Aver Heino), dhr. van Schooten (PR - Aver Heino) en mevr. Verstappen (PR).

Stichting Stimuland is van plan om het project op kleine schaal verder uit te breiden in de provincie Overijssel. De opvang van hemelwater kan op deze manier verder geoptimaliseerd worden, zodat meer ervaringen opgedaan kunnen worden met het gebruik van hemelwater.

Samenvatting

Op Aver Heino wordt sinds het najaar van 1995 van 2000 m² dakoppervlak hemelwater opgevangen om te gebruiken voor het drinken van vee. In deze 3½ jaar is met hemelwateropvang voor 50 % in de waterbehoefte voor het vee voorzien. Door uitbreiding van het aangesloten dakoppervlak in 1996 en 1997 tot 3200 m² is het mogelijk om bij 700 mm neerslag per jaar voor 50 % in de waterbehoefte van het vee te voorzien.

Lang niet alle neerslag die op de daken valt komt in het opvangbassin terecht. Bij hevige regenval gaat een deel over de dakgoot en bij weinig neerslag wordt het dak alleen nat en het water verdampt bij droogte weer. Op Aver Heino is 50 % van de hoeveelheid neerslag die op het dak valt vervoerd aan het vee. De aanvoer van hemelwater is ook niet constant. Er zijn tijden dat het bassin een hele tijd nagenoeg leeg staat. Daarnaast kan het bassin overstromen bij hevige en langdurige regenval. Het water gaat dan via de overstort naar de sloot.

De kwaliteit van het hemelwater voldoet niet altijd aan de eisen die gesteld worden aan drinkwater voor rundvee. Vooral ammonium en nitriet zijn twee parameters die regelmatig boven de norm voor geschikt veedrinkwater liggen. De grens 'ongeschikt' wordt echter zelden overschreden. Gedacht werd dat het hoge ammoniumgehalte te maken heeft met het open opvangbassin, waardoor ammoniak vanuit de stal in het bassin oplost. Ammonium wordt door nitrificatie in zuurstofrijk water omgezet tot nitriet. Op Aver Heino is het bassin afgedekt, om de invloed op het ammonium en nitrietgehalte vast te stellen. De kwaliteit van het opgevangen hemelwater is licht verbeterd door het afdekken van het bassin. Met name het ammoniumgehalte is verlaagd en valt overwegend in de categorie geschikt. Het nitrietgehalte lijkt ook afgenomen, dit is echter nog steeds tussen geschikt en ongeschikt.

De kosten voor hemelwateropvang liggen aan de hoge kant, omdat naast de bestaande stal een opslag is gebouwd. De kostprijs ligt, afhankelijk van het aantal maal bemonsteren van de waterkwaliteit, op minimaal f 2,85 per m³. De kosten voor dakgoten en leidingen zijn hierin niet meegenomen.

Op melkveebedrijven is de dakoppervlakte echter veel kleiner dan op Aver Heino. De kostprijs wordt hierdoor aanzienlijk hoger, zo'n f 4,- tot f 8,- per m³, doordat de hoeveelheid opgevangen neerslag veel lager ligt en de investeringskosten vergelijkbaar zijn.

Summary

Since the autumn of 1995 precipitation has been collected from 2000m² of roof to be used to water cattle on Aver Heino. During 2½ years collected precipitation was used to provide for 40% of the water required by the cattle. After increasing the roof surface area for water collection to 3200m² during 1996 and 1997, it was possible to provide for 60% of the water required by the cattle as long as 700 mm of rain fell per year. Not all precipitation falling on the roof reached the collection tank. During heavy rainfall part of the water flowed over the gutter, during light rainfall the roof became wet and the water evaporated once it was dry. On Aver Heino 60% of the precipitation reaching the roof is given to the livestock.

The supply of precipitation is not constant. Sometimes the collection tank remains almost empty for long periods of time. However the tank overflows during heavy, persistent rainfall in which case the water is diverted to a ditch.

The quality of the rainwater does not always comply with the requirements for drinking water for cattle. The concentrations of ammonium and nitrite are often found to be at levels above the requirements for drinking water for cattle. However the concentrations are seldom found to be at 'unsuitable' levels. It was thought that the high level of ammonium could be due to the collection tank being open so that ammonium from the stalls dissolved in the tank water. Ammonium is converted to nitrite by nitrification in oxygen-rich water. On Aver Heino the tank was covered in order to assess whether this effected the ammonium and nitrite levels. The quality of the collected water improved slightly after covering the tank. Especially the ammonium level dropped so that it mainly fell in the category 'suitable'. The nitrite level also appeared to drop, although its level remained in between those of the categories 'suitable' and 'unsuitable'.

The costs of collecting precipitation are quite high, since a tank has to be built next to the existing cowshed. The costs start at a minimum of f 2,85 per m³, depending on the number of times the water quality is tested. The costs of gutters and pipes have not been included in this price.

However the surface area of the roof of a dairy farm tends to be much smaller than that on Aver Heino. This will lead to a considerable increase in the costs, of between f 4,- to f 8,-, as the amount of precipitation collected will be much lower and the investments will be similar.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	3
2.1	Hemelwateropvang op Aver Heino	3
2.2	Analyses	4
3	Resultaten en discussie	5
3.1	Samenstelling hemelwater.....	5
3.2	Hemelwateropvang op Aver Heino	5
3.2.1	<i>Hoeveelheid hemelwater</i>	5
3.2.2	<i>Waterverbruik</i>	6
3.2.3	<i>Kwaliteit hemelwater</i>	6
3.2.4	<i>Verbeteringen aan het systeem</i>	7
3.3	Kostprijs hemelwateropvang.....	8
4	Conclusies	10
	Literatuur	11
	Bijlagen	12
	Summary	16

1 Inleiding

Kwalitatief goed water wordt steeds meer een schaars goed. Om verdroging tegen te gaan moet verspilling worden voorkomen. Daarnaast zou waar drinkwaterkwaliteit 'overdone' is, kwalitatief minder goed water, zoals bijv. hemelwater, gebruikt moeten worden. Op deze manier wordt onnodig gebruik van 'duur' leidingwater voorkomen.

In het algemeen wordt op melkveebedrijven gebruik gemaakt van leidingwater, grondwater en/of oppervlaktewater. Het totale waterverbruik in de melkveehouderij bedraagt zo'n 50 miljoen m³ per jaar. Wanneer wordt berekend stijgt dit verbruik tot 350 miljoen m³ per jaar [Verstappen (1998)].

Op melkveebedrijven zou hemelwater gebruikt kunnen worden voor het schoonspuiten van stallen en machines en eventueel voor het drinken van vee. Het in eigen beheer houden en gebruiken van hemelwater zal, gezien de prijsstijgingen van leidingwater, op den duur kostenbesparend kunnen zijn.

Het leidingwaterverbruik kan op een melkveebedrijf vooral worden verminderd door brongerichte besparingen. Daarnaast kan gebruik gemaakt worden van alternatieve waterstromen. Hemelwater wordt al op enkele melkveebedrijven opgevangen en gebruikt binnen het melkveebedrijf, meestal voor het drinken van vee. Gegevens van de waterkwaliteit van het opgevangen hemelwater op deze praktijkbedrijven zijn echter niet beschikbaar. Ten aanzien van het gebruik van hemelwater, zijn er nog vele onduidelijkheden. Vooral de kwaliteit van het opgevangen hemelwater is van belang voor een juiste aanwending op het melkveebedrijf.

Op Aver Heino is hemelwateropvang aangelegd om te bekijken of de kwaliteit van opgevangen hemelwater geschikt is voor het drinken van het vee. Daarnaast is bekeken hoeveel water kan worden opgevangen en wat de kosten van hemelwateropvang zijn.

Verdere optimalisatie van het systeem en toepassing op meer bedrijven kan eraan bijdragen dat hemelwateropvang in de toekomst op meer melkveebedrijven kan worden toegepast.

Met de aanleg van hemelwateropvang op Aver Heino is een aanzet gemaakt tot het gebruik van hemelwater binnen het melkveebedrijf. Er zijn inmiddels verschillende aspecten van hemelwateropvang en benutting in beeld gebracht. Duidelijk is dat de kosten van de opslag en voor de beheersing van de kwaliteit nog hoog zijn. Door verdere verkenning van de mogelijkheden en het ontwikkelen van goedkopere oplossingen kan hemelwateropvang mogelijk gaan bijdragen aan een efficiënte waterhuishouding op agrarische bedrijven. Inzicht in de kostenaspecten, kwaliteitsborging en risico's kunnen bijdragen aan het maken van weloverwogen keuzes voor het benutten van alternatieve waterbronnen op het agrarische bedrijf.

Waterverbruik melkveebedrijf

In de melkveehouderij is voor diverse doeleinden water nodig; het drinken van vee, reiniging van melkwinningsapparatuur, schoonspuiten van o.a. machines en stallen en beregening. Overige (kleine) posten zijn handen wassen, toilet doorspoelen, laarzen reinigen en eventueel spoelsystemen in ligboxenstal (Groen Label). In Tabel 1 staat het waterverbruik uitgesplitst naar de verschillende verbruiksposten.

Tabel 1 Waterverbruik van de Nederlandse melkveehouderij [Verstappen (1998)]

Waterverbruiksdoel	miljoen m ³ /jaar	
Drenken vee	45	65
Reiniging van melkwinningsapparatuur	4	12
Schoonspuiten van stallen, boxen en machines	4	10
Beregening	0	260
Totale waterbehoefte	53	347

Bij gebruik van hemelwater binnen het melkveebedrijf is het de bedoeling het water te gebruiken voor het drinken van vee, omdat daarvoor grote hoeveelheden water nodig zijn. Daarnaast zou hemelwater ook gebruikt kunnen worden voor schoonspuiten van machines, kalverhokken en ligboxen, maar hiervoor is op jaarbasis maar weinig water nodig. Wanneer het gebruikt wordt voor schoonspuiten, met hoge- of

lagedrukspuit, is het aan te raden een voorziening te treffen om verstopping van de apparatuur te voorkomen, omdat zwevende vuildeeltjes in het hemelwater kunnen voorkomen.

Hemelwater mag niet worden gebruikt voor reiniging van melkwinningsapparatuur, omdat het niet voldoet aan de eisen voor humane drinkwaterkwaliteit.

Omdat op Aver Heino hemelwater gebruikt wordt voor het drenken van het vee, wordt in de volgende paragrafen alleen ingegaan op het waterverbruik en de benodigde waterkwaliteit voor dit doel.

Waterverbruik

De wateropname van melkkoeien is sterk afhankelijk van het rantsoen en de melkproductie [Handboek (1997)]. De totale vochtbehoefte van melkvee is groter dan de opname aan water, omdat via voeder-middelen grote hoeveelheden water opgenomen kunnen worden, vooral in het weideseizoen. Brongerichte besparingen bij het drenken van vee zijn niet mogelijk. Het waterverbruik op een melkveebedrijf is ongeveer 80 l/koe/dag (inclusief waterverbruik voor jongvee).

Waterkwaliteit

Aan het drinkwater voor landbouwhuisdieren worden eisen gesteld. Deze eisen zijn in het verleden door de Commissie Onderzoek Minerale Voeding opgesteld. Er zijn nauwelijks nieuwe toxicologische gegevens en inzichten beschikbaar gekomen om de kwaliteitsnormen nader te onderbouwen. Op grond van de thans beschikbare informatie wordt aanbevolen voor de beoordeling van de drinkwaterkwaliteit voor landbouwhuisdieren de aangegeven grenswaarden in acht te nemen. Daarbij zijn als kwalificaties aangehouden 'geschikt' en 'ongeschikt'. In het tussentraject dient het drinkwater als 'minder geschikt' te worden geacht en zal, al naar de zwaarte van de overschrijding en de bereikbare alternatieven, een oplossing moeten worden gezocht [Klooster (1996)]. In bijlage 1 staan de chemische en microbiologische eisen vermeld die zijn afgestemd op rundvee. Voor jonge dieren en andere landbouwhuisdieren gelden soms strengere normen.

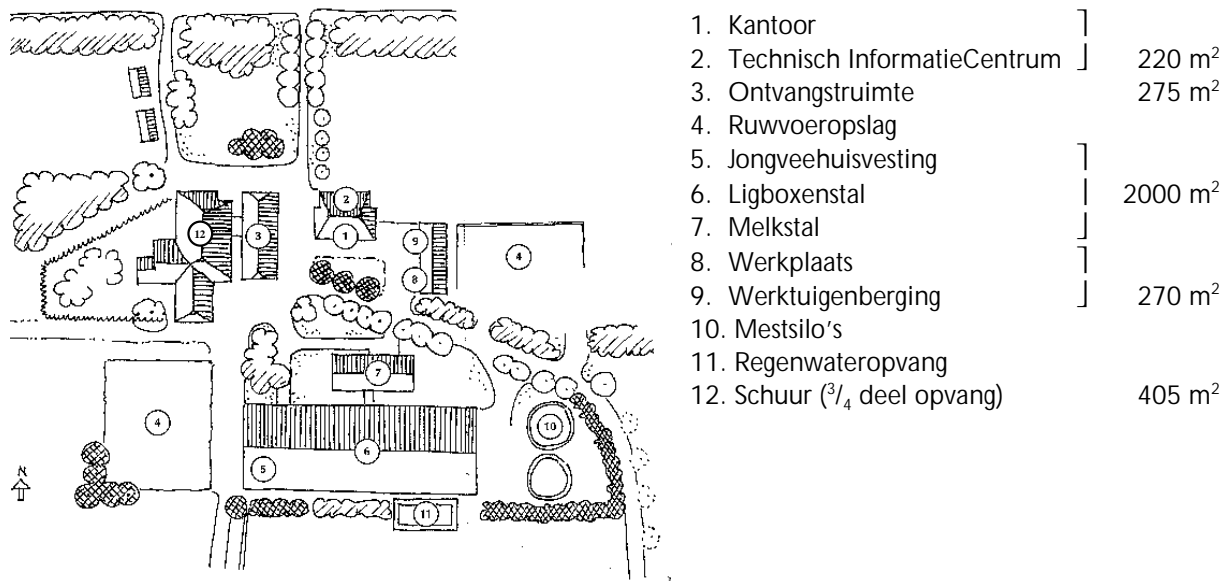
Als een of meer parameters in het drinkwater niet voldoet aan de norm 'geschikt' dan moet het water niet gebruikt worden voor het drenken van vee. Wanneer het toch wordt verstrekt dan kan de weerstand van de dieren verminderen, wat kan leiden tot een lagere melkgift, verminderde vruchtbaarheid en sneller optreden van ziekten. Bij een tijdelijke verslechtering van de waterkwaliteit zullen dieren niet direct ziek worden, maar bij langdurige slechte waterkwaliteit zullen de dieren daar zeker gevolgen van ondervinden. Beide situaties zijn echter niet gewenst. In gevallen van plotseling optredende ernstige verontreiniging kunnen zich acute gezondheidsproblemen voordoen.

2 Materiaal en methode

2.1 Hemelwateropvang op Aver Heino

Aver Heino is het PR-proefbedrijf voor Oost-Nederland, en heeft ongeveer 85 melkkoeien, met een gemiddelde melkproductie van 25 kg per dag, en bijbehorende jongvee. Hiervoor is zo'n 3400 m³ vocht per jaar nodig, waarvan ongeveer 2500 m³ drinkwater is. Het overige vocht komt uit het rantsoen. In 1995 is ten zuiden van de ligboxenstal een waterbassin van 140 m³ aangelegd voor de opvang van hemelwater. De inhoud van waterbassin is gebaseerd op een opslagcapaciteit van een 4-weekse periode, waarbij is gerekend met het dubbele van de gemiddelde neerslag.

Figuur 1 Plattegrond proefbedrijf Aver Heino, weergave van de verschillende gebouwen met bijbehorend dakoppervlak [Aver Heino (1997)]



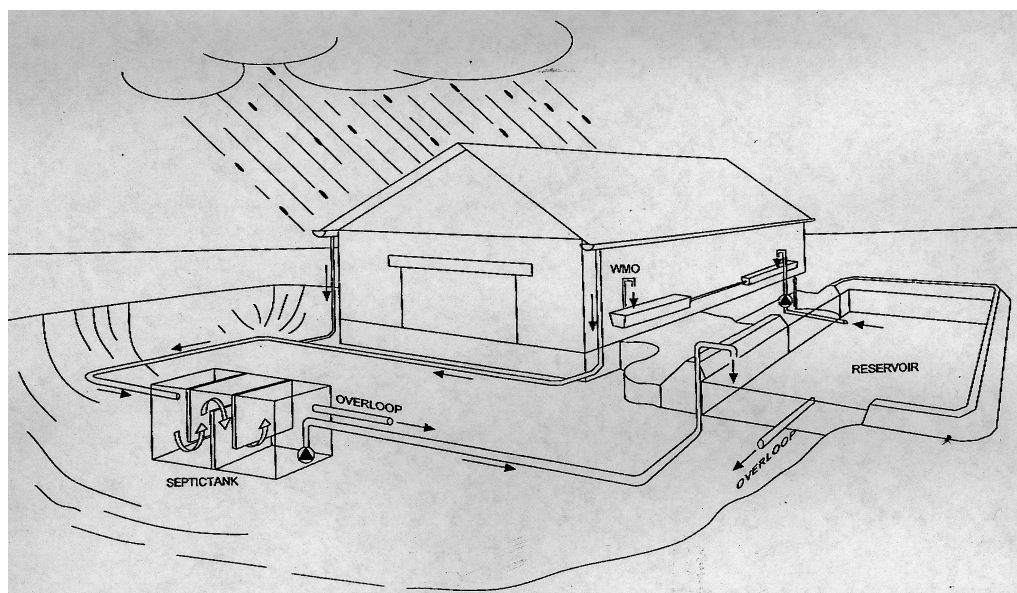
In eerste instantie is hierin het water van het dak van de jongveehuisvesting, de ligboxenstal en de melkstal (5,6 en 7) verzameld. Deze gebouwen hebben een oppervlak van 2000 m². Daarna is van steeds meer daken hemelwater opgevangen.

Vanaf november 1996 wordt ook het hemelwater van de ontvangstruimte (3), de werkplaats en de werktuigenberging (8 + 9) opgevangen. Het oppervlak is daardoor vergroot met 680 m². Vanaf november 1997 is de hemelwateropvang verder uitgebreid met 625 m² door ook 3/4 deel van de schuur (12), het kantoor (1) en TIC (2) aan te sluiten op de hemelwaterafvoer naar het bassin. Door deze uitbreiding wordt nu van alle daken hemelwater opgevangen. Het totale dakoppervlak is daarmee vergroot tot circa 3200 m². Het totale dakoppervlak op Aver Heino is echter veel groter dan op veel melkveebedrijven. Gemiddeld heeft een melkveebedrijf met 60 tot 80 melkkoeien een ligboxenstal een dakoppervlak van ongeveer 800 tot 1000 m². De totale hoeveelheid hemelwater die op praktijkbedrijven opgevangen kan worden is daardoor aanzienlijk lager dan wat op Aver Heino is gerealiseerd.

Om vervuiling van het drinkwater zo veel mogelijk te voorkomen, zijn een aantal maatregelen getroffen. De dakgoten zijn afgedekt met kippengaas, om invallende grove vuildelen als bladeren e.d. te voorkomen. Het opgevangen hemelwater wordt verzameld in een 3 m³ septic tank, waarna het naar het reservoir wordt gepompt. Zie figuur 2. Als het opvangbassin vol is wordt de pomp stilgezet. Vanuit het reservoir wordt het water naar de drinkbakken van het melkvee gepompt. Via een watermeter wordt de hoeveelheid hemelwater naar de drinkbakken gemeten. Bij een eventueel tekort aan hemelwater voor het melkvee wordt automatisch overgeschakeld op leidingwater. Ook deze hoeveelheden worden gemeten.

Eind juli 1998 is het bassin afgedekt, om het effect van een afgesloten bassin op de kwaliteit van het opgevangen hemelwater vast te stellen. Tegelijkertijd zijn zowel het bassin als de septic tank gereinigd.

Figuur 2 Schematische weergave opvang hemelwater.



2.2 Analyses

Gedurende de proefperiode van december 1995 tot juni 1999 zijn frequent monsters genomen van het water dat het bassin in en uit gaat. Hierbij zijn de monsters onderzocht op de parameters waaraan volgens de GD-richtlijn veedrinkwater moet worden voldaan.

Na verloop van tijd is het analysepakket beperkt tot de parameters die sterk schommelen en de parameters die regelmatig de gewenste norm overschrijden.

3 Resultaten en discussie

3.1 Samenstelling hemelwater

Hemelwater is van nature schoon en zacht. De hemelwatersamenstelling wordt regelmatig door het RIVM gemeten. In bijlage 2 staan een aantal gemeten parameters van de hemelwatersamenstelling vermeld. Wanneer de gemiddelde samenstelling van het hemelwater naast de kwaliteitseisen voor veedrinkwater (bijlage 1) wordt gelegd dan voldoet hemelwater als veedrinkwater. Het ammoniumgehalte ligt gemiddeld echter weliswaar beneden 2 mg/l, maar dit gehalte wordt in sommige delen van Nederland regelmatig overschreden. Uit de metingen van het RIVM blijkt dat het ammoniumgehalte in hemelwater in 20 % van de monsters boven 2 mg/l ligt, en daardoor minder geschikt is voor het drinken van vee. Vooral het meetstation in Vredepeel en Eibergen scoren slecht. Respectievelijk 57 en 46 % van de hemelwater-monsters bevat hier teveel ammonium volgens de normen voor veedrinkwater. De grens > 10 mg/l, ongeschikt veedrinkwater, wordt echter nooit overschreden.

In hemelwater wordt naast de parameters die in bijlage 2 staan vermeld ook koper (Cu), zink (Zn), cadmium (Cd), lood (Pb), chroom (Cr), nikkel (Ni) en arseen (As) gemeten. De gevonden waarden zijn niet weergegeven, maar liggen ver beneden de grens voor geschikt veedrinkwater.

Hemelwater dat op het melkveebedrijf valt kan onderverdeeld worden in dak- en erfwater. Dakwater is schoner en minder vervuild dan erfwater en als zodanig beter te gebruiken als alternatief voor leidingwater. Erfwater kan vervuild zijn met voer- en olieresten, modder, bladeren etc. en is daardoor niet zonder meer geschikt voor gebruik binnen het melkveebedrijf. Op Aver Heino wordt alleen dakwater opgevangen, zodat dakwater verder beschreven is als hemelwater. Erfwater wordt buiten beschouwing gelaten.

3.2 Hemelwateropvang op Aver Heino

3.2.1 Hoeveelheid hemelwater

Op Aver Heino is een regenmeetstation aanwezig en zijn de neerslaggegevens van de onderzoeksjaren bekend. Gemiddeld valt er ongeveer 750 mm neerslag per jaar. De eerste testjaren is relatief weinig neerslag gevallen, 1998 daarentegen was een extreem nat jaar. In 1995 viel er 771 mm, in 1996 526 mm, in 1997 653 mm, in 1998 1081 mm en tot juni 1999 viel er 310 mm.

Vanaf de aanleg van het hemelwaterbassin, sinds eind 1995, is in totaal 2531 mm neerslag gevallen. In bijlage 3 staat de hoeveelheid neerslag van december 1995 tot en met juni 1999 weergegeven en is berekend hoeveel neerslag theoretisch opgevangen kan worden.

Tot juni 1999 zou theoretisch 6.909 m³ hemelwater opgevangen kunnen worden, maar het blijkt dat niet alle neerslag in het bassin terecht komt. Het dakoppervlak is soms begroeid, waardoor het water kan vasthouden. Bij een korte periode met weinig neerslag, miezer, wordt water vastgehouden en komt er nagenoeg geen water in het bassin. Dit hemelwater verdampt bij droogte weer. Daarnaast gaat bij hevige neerslag een deel van de neerslag over de dakgoot of via de overstort van de pompput naar de sloot. Ook kan water uit het bassin verdampen. Daarnaast is het bassin in perioden met veel neerslag vol, zodat al het water niet kan worden opgevangen.

In mei - juni 1996 is door een tijdelijke verhoging van het slootwaterpeil een hoeveelheid (ca. 80 - 100 m³) slootwater via de overstort in de pompput gestroomd en daardoor in het hemelwaterbassin gepompt. In deze overstortleiding is in juni 1996 een terugslagklep geplaatst, zodat dit daarna niet meer kan gebeuren. De hoeveelheid vervoerd hemelwater is daardoor in werkelijkheid iets minder dan dat gemeten is.

Op Aver Heino is ca. 3500 m³ hemelwater vervoerd, zodat omgerekend 50 % van de neerslag in het bassin terecht komt en kan worden gebruikt op het melkveebedrijf. In 1996 en 1997, relatief droge jaren, was dit percentage opgevangen hemelwater hoger, namelijk ruim 60 %. Bij extreem veel regelval, zoals in 1998, blijkt dat de opslagcapaciteit van het reservoir de beperkende factor is. Vanuit economisch oogpunt is het echter niet aantrekkelijk op basis van deze uitzonderingen de capaciteit te bepalen.

3.2.2 Waterverbruik

Het totale waterverbruik voor het drenken van vee in de ligboxenstal van december 1995 tot en met juni 1999 bedraagt 6980 m³. Hiervan was 3510 m³ hemelwater en 3470 m³ leidingwater. Dat betekent dus dat in de proefperiode van 3,5 jaar, gemiddeld de helft van het drinkwater voor het melkvee in de ligboxenstal bestond uit hemelwater. De hoeveelheid drinkwater voor het melkvee in de wei is niet geregistreerd. In de drogere jaren '96 en '97 was de voorzieningsgraad van hemelwater echter aanzienlijk lager, namelijk tussen de 30 en 40 % (zie bijlage 3). In de periode juni 1998 tot juni 1999 was de voorzieningsgraad echter 80 %.

De hemelwateropvang is op Aver Heino sinds december 1997 verder uitgebreid om verder te kunnen voorzien in de drinkwatervoorziening voor het vee. Op deze manier kan bij een neerslag van 700 mm per jaar en 60 % effectieve opvang 1400 m³ hemelwater worden opgevangen. Hierdoor zou voor 60 % in de behoefte aan veedrinkwater voorzien kunnen worden.

3.2.3 Kwaliteit hemelwater

In Tabel 2 staan de resultaten vermeld van de ingaande hemelwaterstroom naar het bassin. In mei en juni 1998 zijn op een dag van zowel hemelwater uit de regenmeter als van de ingaande hemelwaterstroom monsters genomen. De resultaten staan eveneens in dezelfde tabel vermeld.

In tabel 3 staan de resultaten van de uitgaande waterstroom van het bassin naar de drinkbakken in de ligboxenstal vermeld.

Tabel 2 Kwaliteit van hemelwater voor opvang in het hemelwaterbassin op Aver Heino

Normen water		pH	ammonium	nitriet	nitraat	kaliumperma- n-gaatgetal	ijzer	mangaan	magnesium	calcium	natrium	chloride	sulfaat	hardheid	kiemgetal	coli-achtigen
geschikt		5-8	<2	<0,1	<100	<50	<0,5	<1			<4000	<250	<250		<100000	<100
ongeschikt		<4; >9	>10	>1	>200	>200	>10	>2	250	1000		>2000				
eenheid		pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°D	kve/ml	kve/ml
IN	7-5-97	7,8	0,9	0,40	9	8	0,03	0,01	6	60	39	70	38	1,76		
IN	14-5-97	5,0	4,7	1,30	20	24	0,09	0,01	1	9	1	5	6	0,25		
IN	12-6-97	7,6	1,9	0,27	4	11	0,13	0,03	5	46	27	51	29	1,34		
IN	22-7-97	7,6	0,8	0,16	4	6	0,04	0,01	4	42	24	45	25	1,22		
IN	20-1-98	7,5	5,3	0,25	30	13	0,04	0,01	1	21	5	8	5	0,57	200	200
IN	26-5-98	7,5	1,6	0,17	6	21			4	42				1,23	7.400	65
IN	30-7-98	7,0	1,0	0,82	9									0,17	6.500	
REGEN	26-5-98	6,75	1,9	0,07	5	10		< 0,5	< 5					0,15	15	< 1
REGEN	30-7-98	6,20	0,7	0,03	2	18		< 0,5	< 5					0,15	22	4
IN	water wat vanaf het dak het bassin in gaat															
REGEN	water uit de regenmeter															

De resultaten van de waterkwaliteit van zowel de in- als uitgaande hemelwaterstroom zijn wisselend. De grens geschikt voor veedrinkwater wordt bij een aantal parameters, zoals ammonium en nitriet, regelmatig overschreden. Ook het aantal bacteriën in het water is soms te hoog.

- De pH is overwegend basis. In het begin is de pH erg hoog geweest, wat naar alle waarschijnlijkheid te maken heeft met de afgifte van calcium uit de betonnen septic-tank. Uit de monsters blijkt dit ook, omdat in het begin een hogere hardheid wordt gemeten, terwijl de hardheid van hemelwater van nature laag is.
- Het ammoniumgehalte (NH₄⁺) overschrijdt in driekwart van de monsters net de grens 'geschikt' van 2 mg/l. De grens 'ongeschikt', 10 mg/l, wordt niet overschreden.
- Het nitrietgehalte (NO₂) ligt nagenoeg altijd boven de grens 'geschikt' van 0,1 mg/l. Het water is ongeschikt boven 1 mg/l. Deze grens is 2 keer overschreden, met een maximum van 3,4 mg/l. In het kader van het Actieprogramma "Waterkwaliteit en Diergezondheid" is een lijst met referentiewaarden opgesteld voor veedrinkwater [van Dokkum (1998)]. Een referentiewaarde is de waarde waarboven, onder realistische worst-case omstandigheden, gezondheidseffecten (voor vee en

mens als eindgebruiker van dierlijke producten) niet uit te sluiten zijn. Deze waarden zijn advieswaarden, ze hebben geen wettelijke basis. Hierbij zijn de bovengenoemde grenswaarden als uitgangspunt genomen. Voor nitriet wordt 1,0 mg/L als referentiewaarde aangehouden.

- Nitraat, ijzer, mangaan, magnesium, calcium, natrium, chloride, sulfaat en hardheid geven nooit problemen.
- Het aantal coli-achtigen is een enkele keer te hoog. Het kiemgetal is een aantal keer > 3.000 kve/ml. Of de kiemgetallen in die gevallen ook te hoog is geweest is niet te zeggen, maar wel mogelijk.

Uit de resultaten van de hemelwateropvang op Aver Heino blijkt dat tijdens opvang en bewaring van hemelwater een toename plaats vindt van het ammonium en nitraatgehalte en dat nitriet wordt gevormd. Licht, temperatuur, bewaarduur, hoeveelheid zuurstof zijn factoren die invloed kunnen hebben op de kwaliteit van het opgevangen hemelwater, omdat tijdens bewaring omzettingen plaats vinden. Op 25 mei en 30 juli 1998 zijn drie monsters genomen, van regenwater en het in- en uitgaande water van het hemelwaterbassin (REGEN, IN en UIT) om te zien in welke mate ammonium, nitriet en nitraat toenemen. Uit de resultaten blijkt dat er duidelijk een toename te zien. Er vindt nitrificatie plaats en daarnaast lijkt er een toevoer van ammoniak vanuit de ligboxenstal. Hoe die omzettingen plaats vinden wordt beschreven in bijlage 4.

Tabel 3 Kwaliteit van hemelwater dat aan het melkvee wordt gevoerd op Aver Heino

	Normen water	pH	ammonium	nitriet	nitraat	kaliumperman- ganaatgetal	ijzer	mangaan	magnesium	calcium	natrium	chloride	sulfaat	hardheid	kiemgetal	coli-achtigen
	eenheid	pH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°D	kve/ml	kve/ml
UIT	15-8-96	9,9	0,1	0,35	2	6	0,17	0,03			7	9	7			0,4
UIT	18-3-97	7,5	5,6	0,71	11	27	0,10	0,20			38	19	10	8,90	27.000	< 100
UIT	7-4-97	8,1	3,7	0,96	15		0,10	< 0,10						3,70	67.000	< 100
UIT	7-5-97	7,1	2,6	3,40	20	24	0,09	0,02	1	14	5	10	7	0,39	> 3.000	
UIT	14-5-97	7,2	2,9	0,87	13	26	0,17	0,04	2	27	14	25	16	0,78	250	
UIT	12-6-97	7,3	2,9	0,38	3	23	0,17	0,03	2	18	8	15	11	0,51	6.400	
UIT	22-7-97	8,1	1,5	0,52	6	23	0,11	0,02	1	10	2	< 5	< 5	0,28	18.500	
UIT	25-8-97	7,8	1,7	0,15	5	54	0,27	0,04	5	27	27	41	40	0,87	51.000	200
UIT	29-8-97	8,6	2,2	0,12	12		0,14	0,02	1	15	4	10	8	0,42	25.500	60
UIT	11-12-97	7,2	4,1	1,50	27									0,27	> 3.000	
UIT	7-1-98	7,3	3,1	0,67	18	8	0,03	< 0,01	1	14	5	12	8	0,39	3.000	55
UIT	20-1-98	7,2	2,5	0,06	20	15	0,06	0,22	2	23	5	11	14	0,64	230	50
UIT	2-3-98	7,3	3,7	0,91	18	14			1	14				0,39	70	5
UIT	13-3-98	7,3	2,5	0,44	17										40	
UIT	26-5-98	7,2	3,3	0,61	9	46			2	16				0,47	>10.000	400
UIT	19-6-98	8,5	0,4	0,31	3										1.500	
UIT	30-7-98	7,2	1,2	0,33	2									0,7	1.600	
UIT	2-9-98	7,6	0,3	0,20	4										950	
UIT	1-10-98	7,1	0,3	0,32	10										4.600	
UIT	2-11-98	7,2	0,4	0,16	13									0,39	60	
UIT	22-12-98	7,1	3,4	0,89	14										19	
UIT	water wat aan de koeien wordt gevoerd															

3.2.4 Verbeteringen aan het systeem

Op basis van de resultaten op Aver Heino zijn bij het gebruik van hemelwater voor het drinken van vee voor wat betreft nitriet- en ammoniumgehalten kanttekeningen te maken. De kwaliteit van het hemelwater voldoet op Aver Heino niet altijd aan de normen voor 'geschikt' veedrinkwater, ondanks dat de grens 'ongeschikt' zelden wordt overschreden.

De hemelwateropvang is op Aver Heino sinds december 1997 verder uitgebreid om verder te kunnen voorzien in de drinkwatervoorziening voor het vee. Daardoor kan zo'n 1400 m³ hemelwater per jaar worden opgevangen, zodat voor ruim 60 % in de behoefte aan veedrinkwater kan worden voorzien.

Voor de opslag en opvang van hemelwater geldt een levensduur van 10 jaar, voor leidingen en andere apparatuur is eveneens 10 jaar aangehouden. De jaarlijkse kosten voor opvang, bedragen incl. rentekosten, 6 % per jaar en voor opslag, aanleg en regelapparatuur 15 % per jaar. Daarnaast is jaarlijks minimaal één keer een wateronderzoek noodzakelijk. De kosten voor hemelwateropvang bedragen op Aver Heino daardoor ongeveer f 4000,- per jaar. Bij een dakoppervlak van 3.200 m² kan jaarlijks ongeveer 1450 m³ water worden opgevangen en hergebruikt. De kosten per kuub bedragen dan f 2,87. Dit zijn de kosten zonder dakgoot en leidingen. Deze worden tot de normale bouwkundige kosten gerekend. Als deze kosten wel worden meegerekend, bedraagt de kostprijs f 3,55 per m³.

Op melkveebedrijven is het dakoppervlak gemiddeld 900 tot 1000 m², en dus veel kleiner dan op Aver Heino het geval is. Hierdoor kan minder hemelwater opgevangen worden, bij 1000 m² zo'n 500 m³ per jaar. De investeringskosten bij bestaande bouw zullen echter vergelijkbaar zijn, waardoor de kostprijs van hemelwater op praktijkbedrijven tussen f 4,- en f 8,- per m³ zal bedragen.

4 Conclusies

Op Aver Heino zijn ervaringen opgedaan met opvangen en vervoederen van hemelwater, waarbij hemelwater in een open bassin van 140 m³ ten zuiden van de ligboxenstal wordt opgevangen.

- In 1995 is begonnen met hemelwateropvang van het dak van de jongveehuisvesting, de ligboxenstal en de melkstal met een totaal oppervlak van 2000 m³. Vanaf november 1996 is het dakoppervlak uitgebreid met 680 m³. Dit is vanaf november 1997 nog verder uitgebreid met 625 m³, zodat het totale dakoppervlak daarmee is vergroot tot 3200 m³.
- Op Aver Heino is de afgelopen 3½ jaar in de ligboxenstal 6980 m³ water gebruikt voor het drinken van vee in de ligboxenstal. Hiervan was 3510 m³ hemelwater en 3470 m³ leidingwater. Met hemelwateropvang is op deze manier voor 50 % in het waterverbruik voor het drinken van vee in de ligboxenstal voorzien.
- De aanvoer van hemelwater is onvoldoende om in de waterbehoefte te voorzien. Daarnaast is de aanvoer niet constant. Er zijn perioden waarin het bassin een hele tijd leeg staat.
- Het hemelwater voldoet niet altijd aan de eisen die voor drinkwater voor vee worden gesteld. Vooral ammonium en nitriet zijn parameters die nogal eens boven de norm liggen. Door afdekken van het bassin verbeterd de kwaliteit van het opgevangen water licht.
- Op Aver Heino is van december 1995 tot en met juni 1999 2531 mm neerslag gevallen. Theoretisch zou 6909 m³ hemelwater opgevangen kunnen worden, maar niet alle neerslag komt in het bassin terecht. Het blijkt dat 50 % van de neerslag in het bassin terecht komt en kan worden gebruikt op het melkveebedrijf.
- De kosten van opvang van hemelwater zijn op Aver Heino nog aan de hoge kant. De kostprijs van hemelwater ligt, afhankelijk van het aantal keer bemonsteren op waterkwaliteit, op minimaal f 2,87 per m³. De kosten voor dakgoten en leidingen zijn hierin niet meegenomen. Op melkveebedrijven is de dakoppervlakte echter veel kleiner dan op Aver Heino. De kostprijs wordt hierdoor aanzienlijk hoger, zo'n f 4,- tot f 8,- per m³, doordat de hoeveelheid opgevangen neerslag veel lager ligt en de investeringskosten vergelijkbaar zijn.

Literatuur

- Aver Heino (1997) Proefbedrijf voor Oost-Nederland, Informatiegids, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.
- Dokkum, H.P. van, e.a. (1998) Achtergronddocument Referentiewaarden Waterkwaliteit – Diergezondheid
- Handboek Melkveehouderij (1997) Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.
- Klooster, A. Th. van 't (1996) Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk, Centraal Voederbureau (CVB), Lelystad.
- Somhorst, M.H.M., Stolk, A.P. (1996) Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling, Meetresultaten 1994, RIVM.
- Verstappen (1998) Duurzaam watergebruik, PR-publicatie 128, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad.

Bijlagen

Bijlage 1 Kwaliteit veedrinkwater

Grenswaarden bij chemische en microbiologische beoordeling van de kwaliteit van drinkwater voor rundvee [Klooster (1996)]

Agens	Hoge c.q. afwijkende waarden zijn indicator voor risico van	Kwalificatie van het veedrinkwater	
		Geschikt	Ongeschikt
<i>Chemisch</i>			
pH	Industriële verontreiniging	6,0-7,5	< 4 of > 8
H ₂ S	Ongewenste bacterie-activiteit, mineralisatie van organisch materiaal, tevens giftig	indien -	indien +
NH ₃ ¹	Bacteriële verontreiniging, mineralisatie van organisch materiaal (bijv. mestwater)	< 2	> 10 mg/l
NO ₃ ¹	Nitraatvergiftiging	< 100	> 200 mg/l
NO ₂ ¹	Nitrietvergiftiging	< 0,1	> 1 mg/l
KMnO ₄ -getal	Aanwezigheid van organische stoffen, rottingsproces	< 50	> 200 mg/l
Fe ²	IJzerafzetting op leidingen is onsmakelijk	< 0,2	> 2,5 mg/l
Mn	Mangaanafzetting in melkleidingen en melkkoeltank	< 1,0	> 2,0 mg/l
Cl	Rotting bij oppervlaktewater, zoute kwel	< 250	> 2000 mg/l
F	Fluorose	< 1	> 2 mg/l
Hardheid	Smaakproblemen	< 15	> 25 °D
<i>Microbiologisch</i> ³			
Faecale colibacteriën		< 100	> 100 /ml
Totaal kiemgetal		< 100.000	> 100.000 /ml

¹ veel NH₃ en NO₂ ten opzichte van NO₃ is ongunstig

² voor leidingwater is de grens 0,2 mg/l. Daarboven is ontijzeren gewenst ter voorkoming van schade aan automatische drinkwatervoorzieningen. Volwassen herkauwers verdragen hogere concentraties, aanvaardbaar is tot 2,5 mg/l

³ microbiologisch onderzoek komt in aanmerking voor oppervlaktewater. Ander water komt alleen in aanmerking als NO₂ aanwezig is of de NH₃- of Cl-gehalten afwijken van de norm voor "geschikt".

Bijlage 2 Samenstelling hemelwater

Gemiddelde samenstelling van hemelwater (mg/l) op de regenmeetstations in Nederland in 1994 [Somhorst (1996)]

Regenmeetstation	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	F	Cl	Na	K	Mg	Ca	Fe
Beek	5,31	1,39	2,05	3,17	0,02	0,04	1,38	0,81	0,24	0,12	0,48	0,04
Biddinghuizen	5,05	1,06	2,11	2,50	0,01	0,01	2,20	1,27	0,21	0,17	0,28	0,08
Braakman	5,38	1,24	1,80	3,08	0,01	0,02	3,09	1,70	0,32	0,24	0,40	0,05
De Bilt	4,95	1,19	2,29	2,98	-	0,02	2,38	1,36	0,20	0,17	0,20	0,03
Eibergen	5,55	1,76	2,36	2,88	0,01	0,02	1,28	0,71	0,20	0,10	0,28	0,03
Gilze-rijen	5,03	1,48	2,17	3,36	0,01	0,02	1,78	1,01	0,21	0,12	0,20	0,03
Huijbergen	4,77	1,08	1,80	3,27	0,01	0,02	2,41	1,36	0,21	0,17	0,24	0,03
Kollumerwaard	5,48	1,04	2,11	2,79	0,01	0,01	4,76	2,71	0,36	0,34	0,60	0,07
Rotterdam	4,53	1,08	2,23	3,75	0,01	0,02	2,91	1,61	0,23	0,19	0,24	0,04
Speuldeerveld	5,22	1,33	2,17	2,69	0,00	0,01	2,45	1,38	0,17	0,17	0,16	0,02
Vredepeel	5,52	1,89	2,17	3,27	0,01	0,02	1,35	0,78	0,21	0,10	0,24	0,06
Wageningen	5,42	1,42	1,92	2,79	0,00	0,02	2,13	1,22	0,18	0,15	0,20	0,03
Wieringerwerf	4,99	1,15	2,36	2,88	0,01	0,01	3,30	1,89	0,31	0,24	0,36	0,05
Witteveen	5,00	1,06	2,05	2,31	0,01	0,01	1,92	1,08	0,21	0,15	0,16	0,03

Bijlage 3 Wateropvang en -verbruik (in m³ tenzij anders vermeld)

Datum	Regen in periode (mm)	Totale neerslag in proefperiode (mm)	Dakoppervlak voor opvang hemelwater (m ²)	Theoretische hvh hemelwateropvang	Cumulative theoretische hvh hemelwateropvang	Cumulative verbruik leidingwater	Cumulative verbruik hemelwater	Cumulative verbruik drinkwater	Hemelwater naar opvangbassin (%)	Hemelwater t.o.v. totaalverbruik (%)
20-12-95	5	5	2000	10	10	-	0	-	-	-
22-12-95	1	6	2000	2	12	4,8	7,7	12,5	64	62
3-1-96	16,9	6,5	2000	34	46	77,9	9,1	87,0	20	10
8-1-96	4,2	10,7	2000	8	54	107,8	9,1	116,9	17	8
16-1-96	0,7	11,4	2000	1	56	137,0	30,3	167,3	54	18
22-1-96	0,1	11,5	2000	0	56	179,2	30,7	209,9	55	15
30-1-96	0,7	12,2	2000	1	57	240,2	30,7	270,9	54	11
5-2-96	2,1	14,3	2000	4	61	287,3	30,7	318,0	50	10
12-2-96	8,2	22,5	2000	16	78	340,1	30,7	370,8	39	8
20-2-96	41,1	63,6	2000	82	160	388,5	46,8	435,3	29	11
27-2-96	2,1	65,7	2000	4	164	419,6	85,5	505,1	52	17
5-3-96	2,3	68	2000	5	169	447,7	94,7	542,4	56	17
13-3-96	1,4	69,4	2000	3	172	511,2	95,5	606,7	56	16
21-3-96	0	69,4	2000	-	172	572,3	97,4	669,7	57	15
27-3-96	8,8	78,2	2000	18	189	608,7	110,7	719,4	59	15
4-4-96	3,9	82,1	2000	8	197	667,8	114,5	782,3	58	15
12-4-96	8,2	90,3	2000	16	213	714,0	129,2	843,2	61	15
17-4-96	0	90,3	2000	-	213	763,4	120,1	883,5	56	14
29-4-96	1,7	92	2000	3	217	855,0	127,6	982,6	59	13
7-5-96	20,8	112,8	2000	42	258	878,4	164,9	1043,3	64	16
15-5-96	1,2	114	2000	2	261	889,5	200,7	1090,2	77	18
29-5-96	29,5	143,5	2000	59	320	929,0	232,0	1161,0	73	20
14-6-96	3,2	146,7	2000	6	326	953,6	238,8	1192,4	73	20
20-6-96	3,6	150,3	2000	7	333	953,6	284,8	1238,4	85	23
28-6-96	20,2	170,5	2000	40	374	964,0	338,4	1302,4	91	26
11-7-96	28,1	198,6	2000	56	430	970,0	384,1	1354,1	89	28
28-7-96	17,5	216,1	2000	35	465	1032,2	393,5	1425,7	85	28
12-8-96	30,6	246,7	2000	61	526	1093,8	403,5	1497,3	77	27
27-8-96	19,8	266,5	2000	40	566	1107,9	431,5	1539,4	76	28
23-9-96	87,5	354	2000	175	741	1116,9	482,5	1599,4	65	30
17-10-96	48,7	402,7	2000	97	838	1116,9	529,5	1646,4	63	32
28-10-96	36,4	439,1	2000	73	911	1116,9	548,5	1665,4	60	33
8-11-96	50,8	489,9	2000	102	1.013	1116,9	594,4	1711,3	59	35
13-11-96	17,6	507,5	2000	35	1.048	1116,9	622,2	1739,1	59	36
21-11-96	0	507,5	2000	-	1.048	1127,9	665,5	1793,4	64	37
27-11-96	0	507,5	2680	-	1.048	1127,9	696,5	1824,4	66	38
9-5-97	171,5	679	2680	460	1.507	1827,9	1167,5	2995,4	77	39
7-10-97	309,5	988,5	2680	829	2.337	2191,9	1465,5	3657,4	63	40
14-11-97	86,2	1074,7	2680	231	2.568	2268,9	1523,5	3792,4	59	40
5-2-98	70,1	1207,7	3170	222	2.790	2581,9	1681,5	4263,4	60	39
10-3-98	85,4	1293,1	3170	271	3.061	2743,9	1752,5	4496,4	57	39
27-3-98	7,3	1300,4	3170	23	3.084	2821,9	1795,5	4617,4	58	39
22-06-98	205,8	1506,2	3170	652	3.736	3137,9	2011,5	5149,4	54	39
7-6-99	1000,9	2507,1	3170	3.173	6.909	3471,9	3506,5	6978,4	51	50

Bijlage 4 Nitrificatie en denitrificatie

Omzettingen ammonium, nitriet, nitraat

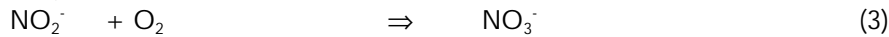
Ammonium zit van nature in hemelwater. Wanneer de pH van het water hoger wordt is minder ammonium in water aanwezig: De evenwichtsreactie (1) is als volgt:



De concentratie NH_4^+ en NH_3 wordt beïnvloed door de pH. Als de pH één eenheid stijgt, daalt de concentratie NH_4^+ , waarbij de verhouding $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ met een factor 10 daalt.

Regen heeft een lage pH (zure regen), tussen 4,53 en 5,55. Het water in het bassin heeft echter een hogere pH, zodat verwacht mag worden dat een deel van het ammonium omgezet wordt in ammoniak, omdat de evenwichtsreactie naar rechts verschuift. De gehalten die in het hemelwater gemeten worden zijn echter hoger. Dit zou veroorzaakt kunnen worden doordat ammoniak vanuit de stal in het water in oplossing gaat, zodat ondanks de hogere pH toch een hoger ammoniumgehalte wordt gemeten.

In water kan nitrificatie (2,3) en denitrificatie (4) optreden.



Het nitrificatieproces verloopt in zuurstofrijk milieu, waarbij ammonium (NH_4^+) wordt omgezet in nitriet (NO_2^-). Het nitriet wordt in zuurstofrijk milieu vervolgens omgezet tot nitraat (NO_3^-), maar deze reactie verloopt bij lage temperaturen trager waardoor ophoping van nitriet kan ontstaan.

Denitrificatie (4) verloopt in zuurstofloos milieu en hierbij wordt nitraat in aanwezigheid van een koolstofbron omgezet in stikstofgas. Soms ontstaat ammonium als tussenproduct.



Bijlage 5 List of tables and figures**Table 1** Water requirements in Dutch dairy farming (Verstappen, 1998)**Table 2** Quality of the precipitation before being collected in the tank on Aver Heino**Table 3** Quality of the precipitation given to the dairy cattle on Aver Heino**Figure 1** Design of the research farm Aver Heino, showing the buildings and the accompanying roof surface area [Aver Heino (1997)]

Office		
Technical Information Centre		220 m ²
Meeting room	275 m ²	
Silage storage		
Calf shed	(
Ligboxenstal	(2000 m ²
Milking parlour	(
Workshop	(
Tool shed	(270 m ²
Fertiliser silos		
Water collection tank		
Shed (3/4 of the collection surface area)		405 m ²

Figure 2 Diagram of the collection of precipitation.**Appendix 1** Quality of the drinking water for cattle
Limiting values for chemical and microbiological evaluation of the quality of drinking water for cattle [Klooster (1996)]**Appendix 2** Composition of the precipitation
Average composition of precipitation (mg/l) at rain monitoring centres in the Netherlands in 1994 [Somhorst (1996)]**Appendix 3** Collection and use of precipitation**Appendix 4** Nitrification and denitrification