

# Effect van emissie-arme maatregelen op milieu en inkomen

A. van der Kamp (onderzoeker sectie economie)

De overheid heeft voor de stikstofverliezen in de vorm van ammoniak doelstellingen geformuleerd voor het jaar 2000. Voor de landbouw geldt een vermindering van ammoniakemissie met 50% en een inspanningsverplichting van 70%. Daartoe heeft de overheid emissiearm toedienen van mest en afdekken van mestsilo's verplicht gesteld. In het praktijkonderzoek wordt ook aan andere oplossingen aandacht besteed. Het PR onderzoekt onder andere een aantal maatregelen om de ammoniakemissie vanuit de stal en mestopslag te verminderen. Resultaten ervan zijn gebruikt in een studie naar de kosten van deze systemen en de mogelijke vermindering van de ammoniakemissie.

Eerdere berekeningen van het PR hebben aangetoond dat de ammoniakemissie sterk wordt bepaald door de bedrijfssituatie. Een combinatie van een hogere melkproductie per koe, een lagere stikstofgift op grasland en emissie-arme toediening van mest bleken een sterke vermindering van de stikstofverliezen door ammoniakemissie op te leveren. Dergelijke opties zijn echter niet op alle bedrijven volledig mogelijk of gewenst. Andere aanpassingen zijn dan noodzakelijk. Aldus is in een studie het effect van verschillende maatregelen om de ammoniakemissie uit de stal te verlagen nagegaan. Daarbij is gekeken naar het effect

op de ammoniakemissie van het hele bedrijf (bedrijfsemmissie) en de bedrijfseconomische resultaten. De bedrijfsemmissie bestaat uit ammoniakemissie vanuit de stal en de extra opslag, toedieningsemmissie en emissie tijdens beweiding.

## Bedrijfssystemen

In deze studie zijn de volgende bedrijfssystemen meegenomen.

*Basissituatie (A)*

- \* Bovengrondse toediening van drijfmest.
- \* Geen afdekking van de mestsilo.
- \* Geen maatregelen in de stal en opslag om de



*Bij de berekeningen is uitgegaan van uitrijden van aangezuurde mest met een ketsplaat*

ammoniakemissie te beperken.

Dit is in grote lijnen de situatie zoals die op de meeste bedrijven rond 1980 voorkwam.

*Emissie-arme toediening van drijfmest en afdekken van de opslag (B)*

- \* Emissie-arme toediening van drijfmest; op zandgrond door zodebemesting, op veengrond door een sleepvoetenmachine.
- \* Mestsilo afgedekt met een tent-constructie.
- \* Geen maatregelen in de stal en opslag om de ammoniakemissie te beperken.

Een dergelijk bedrijfssysteem wordt momenteel al in veel gevallen toegepast. Dit systeem wordt, wat de vermindering van de ammoniakemissie betreft, als het op één na beste alternatief opgevat voor systemen met aanpassingen in stal en/of mestopslag (zoals spoelen van roostervloeren, dichte hellende vloer en aanzuren van drijfmest).

*Spoelsysteem (C)*

- \* Emissie-arme toediening van drijfmest (zie B).
- \* Mestsilo afgedekt met een tent-constructie.
- \* Spoelleiding met mestschuif op roostervloer.
- \* Grotere mestopslag noodzakelijk; meer mest uit te rijden.
- \* Hoeveelheid spoelwater: 50 liter per koe per dag in de stalperiode, 10 of 30 liter per koe per dag in de weideperiode bij resp. onbeperkt en beperkt weiden.

*Dichte hellende vloer (D)*

- \* Emissie-arme toediening van drijfmest (zie B).
- \* Mestsilo afgedekt met een tent-constructie.
- \* Dichte hellende vloer (prefab-elementen zonder vloerafwerking) met giergoot in het midden voor snelle afvoer van urine naar een gesloten kelder en een mestschuif om de mest te ver-

wijderen (geen spoelschuif).

*Aanzuren (E)*

- \* Drijfmest wordt aangezuurd met salpeterzuur, waarbij rekening wordt gehouden met denitrificatie van 20% van het toegevoegde zuur in de stalopslag.
- \* Drijfmest wordt bovengronds met de ketsplaat toegediend.
- \* Geen afdekking van de mestsilo.
- \* Er wordt rekening gehouden met een verrijking van de mest met stikstof waardoor op kunstmest-N kan worden bespaard.

Voor alle bedrijfssystemen (A t/m E) is een totale mestopslagcapaciteit van 6 maanden verondersteld (3 maanden in de mestkelder en 3 maanden in een mestsilo). In geval van spoelen wordt alleen de mestsilo groter ingerekend.

Voor de vergelijking van de kosten is uitgegaan van nieuwbouw (inclusief BTW). Voor de technische uitgangspunten wordt verwezen naar het vorige artikel van Van Lent en Kant in deze Praktijkonderzoek.

### Bedrijfsplannen

Er zijn berekeningen uitgevoerd voor verschillende bedrijfsplannen. Een bedrijfsplan wordt gekarakteriseerd door een combinatie van bedrijfsoppervlak, melkquotum per hectare, grondsoort, melkproductie per koe en stikstofbemesting per hectare. Er wordt niet meer jongvee aangehouden dan nodig is voor vervanging van het melkvee. Zo is ook een vergelijking mogelijk tussen bedrijven met verschillen in melkquotum per hectare, melkproductie per koe en stikstofregime.

**Tabel 1** Ammoniakemissie (kg NH<sub>3</sub>, per hectare), de emissiereductie (%) en het stikstofoverschot op de mineralenbalans (kg N per hectare), voor een bedrijf van 20 hectare, met onbeperkt weiden, een melkquotum van 12.500 kg hectare bij een melkproductie van 6000 kg per koe per jaar en een stikstofregime van 400 kg per hectare (inclusief N uit mineralisatie op veengrond)

Bedrijfssysteem	ZAND (GtIV)			VEEN (GtIII*)		
	Ammoniakemissie	Reductie	N-overschot	Ammoniakemissie	Reductie	N-overschot
<b>Basis (A)</b>	<b>135</b>		<b>428</b>	<b>128</b>		<b>429</b>
Emissie-arme toediening+silo-afdekking (B)	63	53	369	81	37	390
- Spoelsysteem (C)	57	58	364	76	41	386
- Dichte hellende vloer (D)	46	66	355	66	48	378
- Aanzuren (E)	52	62	411	50 <sup>1)</sup>	60	401

<sup>1)</sup> Afzet van drijfmest noodzakelijk; nl. 20% van de totale jaarlijkse drijfmestproductie; bij de ammoniakemissie en het reductiepercentage is rekening gehouden met de toediening van de afgevoerde drijfmest

**Tabel 2** Gecombineerd effect van een toename van de melkproductie per koe, een afname van het stikstofregime en van verschillende emissie-arme huisvestingssystemen op de ammoniakemissie (kg NH<sub>3</sub> per hectare), de emissiereductie (%) en het stikstofoverschot op de mineralenbalans (kg N per hectare), voor een bedrijf van 20 hectare, met onbeperkt weiden, 12.500 kg melkquotum per hectare

Bedrijfssysteem	Melkproductie N-regime <sup>1)</sup> (kg/koe/jaar) (kg/ha/jaar)		ZAND (Gt IV)			VEEN (Gt III*)		
			Ammoniakemissie	Reductie	N-overschot	Ammoniakemissie	Reductie	N-overschot
<b>Basis (A)</b>	<b>6000</b>	<b>400</b>	<b>135</b>		<b>428</b>	<b>128</b>		<b>429</b>
Emissie-arme toediening+silo-afdekking (B)	8000	200	44	67	182	49 <sup>2)</sup>	62	161
- Spoelsysteem (C)	8000	200	40	70	178	52 <sup>2)</sup>	59	155
- Dichte hellende vloer (D)	8000	200	32	77	172	46 <sup>2)</sup>	64	145
- Aanzuren (E)	8000	200	35 <sup>2)</sup>	74	193	36 <sup>2)</sup>	72	162

1) Inclusief N uit mineralisatie op veengrond

2) Afzet van drijfmest noodzakelijk (zie ook tabel 3); bij de ammoniakemissie en het reductiepercentage is rekening gehouden met de toediening van afgevoerde drijfmest

Er zijn berekeningen uitgevoerd voor twee verschillende grondsoorten, namelijk voor een goed ontwaterde zandgrond (Gt IV) en een goed ontwaterde veengrond (Gt III\*). De zandgrond staat model voor gronden waar de mest ondergronds kan worden toegediend (zand, löss, lichte klei). De veengrond laat de effecten zien voor grondsoorten waar toediening van drijfmest in de grond niet mogelijk is (veen en zware klei). Bij veengrond is rekening gehouden met mineralisatie van stikstof uit de bodem. Hierdoor hoeft op jaarbasis 150 kg N minder te worden toegediend om hetzelfde stikstofregime te realiseren als op zandgrond.

### Ammoniakemissie

Van elk van de eerder genoemde bedrijfssystemen is berekend in welke mate de ammoniakemissie wordt verminderd. In tabel 1 is de ammoniakemissie en het reductiepercentage weergegeven. Dit is gedaan voor een bedrijfsplan met een melkquotum van 12500 kg per hectare, een melkproductie van 6000 kg melk per koe, onbeperkt (dag en nacht) weiden en een stikstofregime van 400 kg per hectare. In tabel 2 is het gecombineerde effect aangegeven van maatregelen in stal en/of opslag, toename van de melkproductie per koe en afname van de stikstofbemesting.

#### *Spoelen van roostervloer en toepassing van dichte hellende vloer*

Emissie-beperkende maatregelen in de stal en mestopslag (als aanvulling op emissie-arme toe-

diening van mest en het afdekken van de mest(silo) hebben een afname van de bedrijfsemmissie tot gevolg. Door spoelen van de roosters wordt een extra vermindering van de ammoniakemissie van ca. 5 % bereikt ten opzichte van een bedrijf met alleen emissie-arme toediening en silo-afdekking. Dit komt overeen met een daling van 4 - 5 kg op het stikstofoverschot.

Toepassing van een dichte hellende vloer resulteert in een extra vermindering in de ammoniakemissie van ca. 13 %, wat voor de aangegeven bedrijfsplannen overeenkomt met een daling van circa 12 tot 14 kg per hectare op het stikstofoverschot ten opzichte van de situatie met alleen emissie-arme toediening en silo-afdekking. Deze resultaten op bedrijfsniveau zijn anders dan verwacht mocht worden op basis van de uitgangspunten zoals vermeld in het artikel van Van Lent en Kant. Verondersteld is dat in de stal de emissie met resp. 50% en 45% wordt verminderd door spoelen van roosters en door toepassing van een dichte hellende vloer. Dit betreft echter moment-metingen in de stalperiode. De verdeling van deze effecten over kelder en vloer betekent op bedrijfsniveau echter een sterker effect voor dichte hellende vloeren vanwege het feit dat de kelderemissie ook tijdens de weideperiode doorgaat. Van dichte hellende vloeren mag juist een sterk reducerend effect worden verwacht op de emissie vanuit de kelder, doordat de kelder wordt afgesloten.

Indien naast het effect van maatregelen in de huisvesting ook het effect van een toename in de melkproductie en een afname van de stikstofbe-

mesting wordt meegenomen, bedraagt de daling van de ammoniakemissie door spoelen van roosters nog 3 % en door toepassing van een dichte hellende vloer nog ca. 10 % ten opzichte van de bedrijfssituatie waarin alleen drijfmest emissie-arm wordt toegediend en de silo is afgedekt.

### Aanzuren

Aanzuren van drijfmest geeft voor de in tabel 1 gegeven bedrijfssituatie een extra emissievermindering van 9% en 23% ten opzichte van alleen emissie-arm toedienen van mest en afdekking van de mestsilo voor respectievelijk het bedrijf op zand en het bedrijf op veen (Gt III\*). Hierbij is ook de emissie meegenomen die plaats vindt bij toediening van mest die eventueel moet worden afgevoerd. Dit betekent voor het bedrijf op zandgrond, waar toediening van mest in de grond mogelijk is, dat aanzuren een kleiner aanvullend effect oplevert dan toepassing van een hellende dichte vloer (gecombineerd met toediening door zodebemesting en een afgedekte mestsilo). Voor het bedrijf op veengrond is de aanvullende emissiereductie door aanzuren aanzienlijk groter dan bij spoelen van roosters en bij toepassing van een dichte hellende vloer (beide gecombineerd met toediening met sleepvoetenmachine en een afgedekte mestsilo). Echter het bedrijf op veengrond moet vanwege de stikstofmineralisatie ruim 20% van de totale jaarlijkse drijfmestproductie afvoeren (zie ook tabel 3).

Door de stikstof toevoeging aan de mest in de vorm van salpeterzuur ontstaat een zeer stikstofrijke mest. Met name bedrijven met een laag gewenst stikstofregime en een hoge jaarlijkse stikstofmineralisatie in de bodem kunnen hierdoor te kampen krijgen met een overschot aan stikstof in de mest. Indien men niet boven het gewenste stikstofregime wil bemesten dient een deel van

de drijfmest te worden afgevoerd.

In tabel 3 zijn ook resultaten van berekeningen opgenomen van veengrond met grondwatertrap II en III. Voor deze gronden geldt een jaarlijkse N-mineralisatie van respectievelijk 0 en 75 kg per hectare. Overigens levert op grondsoorten met een jaarlijkse N-mineralisatie van 150 kg met een stikstofregime van 200 kg per hectare ook elk van de andere emissie-beperkende bedrijfssystemen de noodzaak van mestafzet op.

Aanzuren kan met name een interessant alternatief zijn voor bedrijven op natte klei- en veengronden, waar men te maken heeft met een slechte draagkracht. Op deze gronden ligt de mineralisatie van stikstof lager dan op droge veengrond. Zo kan op natte veengrond met Gt II ook bij een gewenst stikstofregime van 300 kg per hectare vrijwel alle aangezuurde mest worden toegediend op het eigen bedrijf. In feite wordt bij deze grondsoorten de situatie benaderd zoals die geldt voor bedrijven op zand.

Het effect van aanzuren op de mineralenbalans is minder gunstig dan het effect op de ammoniakemissie. De optredende denitrificatie heeft een negatief effect op de mineralenbalans. Tabel 2 laat zien dat de stikstofbalans voor bedrijven die de mest aanzuren, ondanks de afzet van aangezuurde mest, ongunstiger is dan vergelijkbare bedrijven waar de mest emissie-arm wordt toegediend en de mestsilo is afgedekt met een tentconstructie.

### Arbeidsopbrengst

In tabel 4 zijn de effecten van de verschillende maatregelen op de arbeidsopbrengst aangegeven voor een bedrijfssituatie met een melkproductie van 7000 kg per koe en een melkquotum van 12500 kg per hectare. De verschillende systemen worden vergeleken met de situatie met

**Tabel 3** Reductie van ammoniak-emissie (%) en noodzakelijke mestafzet(%) bij aanzuren (E) van drijfmest, voor een bedrijf van 20 hectare, met onbeperkt weiden en een melkquotum van 12500 kg per hectare

Melkproductie (kg/koe/jaar)	N-regime <sup>1)</sup> (kg/ha/jaar)	ZAND (Gt IV)		VEEN (Gt II)		VEEN (Gt III)		VEEN (GT III*)	
		Reductie <sup>2)</sup>	Mestafzet	Reductie <sup>2)</sup>	Mestafzet	Reductie <sup>2)</sup>	Mestafzet	Reductie <sup>2)</sup>	Mestafzet
6000	400	62	0	61	0	60	1	60	20
7000	300	61	0	62	5	61	27	61	50
8000	200	60	24	3)	3)	60	62	60	90

Inclusief N uit mineralisatie op veengrond. Deze bedraagt respectievelijk 0, 75 en 150 kg per hectare per jaar voor Gt II, Gt III en Gt III\*

Het emissie-reductiepercentage wordt uitgedrukt ten opzichte van de basissituatie; emissie tijdens de toediening van afgevoerde mest is meegeteld

Situatie kan niet worden doorgerekend; beweiding kan niet worden rondgezet

**Tabel 4** Verandering in arbeidsopbrengst ten opzichte van de basissituatie ( $f$  per hectare) van maatregelen ter vermindering van de ammoniakemissie voor een bedrijfsgrootte van 20 en 40 hectare, met onbeperkt weiden, een melkquotum van 12500 kg per hectare, een melkproductie van 7000 kg per koe en een stikstofregime van 300 kg per hectare (inclusief N-mineralisatie op veengrond)

Bedrijfssysteem	ZAND (GtIV)		VEEN (GtIII*)	
	20 ha	40 ha	20 ha	40 ha
- Emissie-arme toediening	-41	-40	-23	-23
- Emissie-arme toediening + silo-afdekking (B)	-166	-105	-149	-88
- Spoelsysteem (incl. emissie-arme toediening+silo-afdekking) (C)	-1273	-1087	-1299	-1165
- Dichte hellende vloer (incl. emissie-arme toediening+silo-afdekking) (D)	-476	-420	-461	-406
- Aanzuren (E)	-932	-677	-1237	-982

bovengrondse toediening en zonder afdekking van de mest silo (A).

Het emissie-arm toedienen van de mest heeft een kleine verlaging van de arbeidsopbrengst tot gevolg. In het algemeen liggen de kosten op veengrond lager vanwege het goedkopere loonwerkstarief voor mesttoediening met de sleepvoetenmachine in vergelijking tot zodebemesting. Toepassing van een systeem met emissie-arme toediening en afdekken van de mest silo heeft een daling in de arbeidsopbrengst van resp. circa  $f$  150 tot 165 en circa  $f$  90 tot 105 per hectare voor bedrijven van 20 en 40 hectare tot gevolg. De maatregelen die getroffen worden naast het emissie-arm toedienen van mest en afdekken van de mest silo blijken een veel forsere daling van het bedrijfsresultaat tot gevolg te hebben.

Toepassing van een spoelsysteem met 50 liter speelwater per melkkoe per dag levert een daling van circa  $f$  1100 tot 1300 per hectare ten opzichte van de basissituatie voor de aangegeven bedrijfsplannen. Oorzaak hiervan ligt enerzijds in de aanpassingen in de stal, anderzijds in de grotere opslagcapaciteit voor mest en de toename van de hoeveelheid uit te rijden mest.

Toepassing van een dichte hellende vloer laat in alle gevallen het kleinste negatieve effect zien op de arbeidsopbrengst. Voor de in tabel 4 gegeven bedrijfssituatie bedraagt de daling van de arbeidsopbrengst circa  $f$  400 tot 480 per hectare.

Aanzuren van drijfmest laat een negatief effect zien op de arbeidsopbrengst variërend van ca.  $f$  680 per hectare voor een bedrijf van 40 hectare op zandgrond tot ruim  $f$  1200 per hectare voor een bedrijf van 20 hectare op veengrond. Bij aanzuren is er voor het bedrijf op veengrond met Gt III\* een duidelijk negatief effect op de arbeidsopbrengst door de noodzakelijke mestafvoer. Afvoer van drijfmest brengt uiteraard extra kosten

( $f$  8,- per  $m^3$  mest) met zich mee waardoor de daling in de arbeidsopbrengst op veengrond vergelijkbaar is met de daling bij toepassing van een spoelsysteem.

### Kosten-effectiviteit

Voor een vergelijking van de kosten-effectiviteit van de bedrijfssystemen zijn de kosten berekend die gemaakt moeten worden om de ammoniakemissie met één kg N te verminderen. Deze vergelijking gebeurt stapsgewijs door steeds een extra maatregel toe te voegen aan een pakket van maatregelen en de kosten van de toegevoegde maatregel te delen door het effect van deze maatregel op de emissie. Hierbij is gekeken naar bedrijfsplannen met 6000, 7000 of 8000 kg melk per koe, melkquotum per hectare van 7500 tot 17500 kg melk, 200,300 of 400 kg N per hectare en 20 en 40 hectare bedrijfsoppervlak.

De kosten per kg reductie op het stikstofverlies via ammoniakemissie bedragen voor emissie-arm toedienen  $f$  1 tot  $f$  3. Het vervolgens afdekken van de mest silo kost  $f$  15 tot  $f$  45 per gereduceerde kg N verlies in de vorm van ammoniak. Een extra vermindering door aanvulling van dit pakket met een spoelsysteem kost  $f$  120 tot  $f$  350 per gereduceerde kg N-verlies via ammoniak. Voor een dichte hellende vloer bedraagt dit  $f$  20 tot  $f$  40.

Voor aanzuren van mest geldt dat deze kosten t.o.v. emissie-arm toedienen en silo-afdekking  $f$  30 tot  $f$  50 bedragen. Dit laatste betreft alleen bedrijven waar de mest niet in de grond kan worden toegediend en waar bovendien geen mestafvoer door te stikstofrijke mest noodzakelijk is. De bedrijfsgrootte is hierbij van groot belang. Voor een bedrijf van 40 ha bedragen de kosten circa  $f$  30 tot  $f$  40, terwijl deze voor een bedrijf van 20 ha op  $f$  40 tot  $f$  50 liggen.

## Tenslotte

Een groot aantal verschillende bedrijfssituaties is doorgerekend binnen het kader van deze studie. De variatie in de uitkomsten is groot en wordt veroorzaakt door verschillen in melkproductie, quotumintensiteit, bemestingsniveau, bedrijfs-grootte en grondsoort.

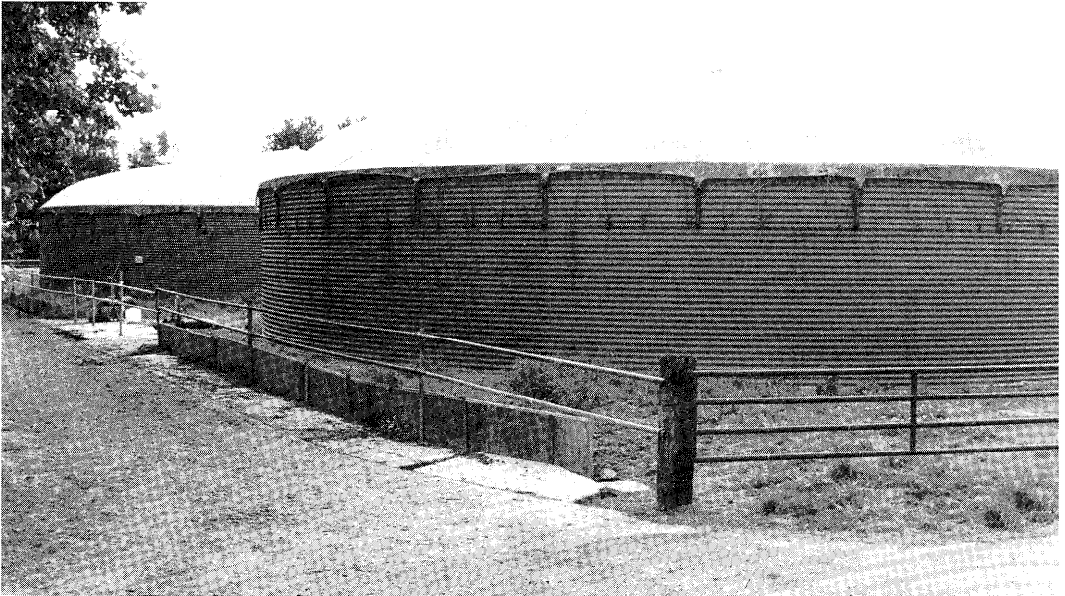
Bij de bedrijfssystemen waar aanpassingen in de stal en mestopslag zijn opgenomen bestaat een schaafeffect. Bij aanzuren van mest geldt voor grotere bedrijven dat met dezelfde installatie meer mest kan worden aangezuurd. Ook bij toepassing van een dichte hellende vloer en bij toepassing van een spoelsysteem is dit effect duidelijk waarneembaar. Bij een dichte hellende vloer worden de kosten voor de mestschuiven en het mengsysteem, uitgedrukt per dier, lager bij een toenemend aantal dieren. Bij toepassing van een spoelsysteem geldt hetzelfde voor de kosten van spoelleidingen en mestschuiven.

In eerdere studies is aangegeven dat emissie-arme toediening van mest gecombineerd met afdekking van de mestsilo een grote vermindering

van de ammoniakemissie tot gevolg heeft. Aangegeven werd dat een toename van de melkproductie per koe en een afname van het stikstofbemestingsniveau gecombineerd met emissie-arme toediening en silo-afdekking op veel bedrijven een emissiereductie van 65 tot 70% kan opleveren. Om dit te bereiken mag de verkleining van de veestapel door een hogere productie per koe niet worden teniet gedaan door het aanhouden van extra jongvee of vleesvee. De effecten van het aanhouden van extra jongvee zijn behandeld in een bijdrage in *Praktijkonderzoek 6e jaargang nr. 2* (april 1993).

Naast voornoemde maatregelen kunnen maatregelen in de huisvesting een verdere vermindering van de emissie opleveren. Echter toepassing van deze systemen heeft aanzienlijke economische consequenties.

Voor (milieu-)investeringen bestaan een aantal subsidie- en vervroegde afschrijvingsregelingen. Omdat deze echter veelal een tijdelijk karakter hebben, zijn deze niet meegenomen in deze studie. Toepassing en effect van dergelijke regelingen kent een groot aantal voorwaarden die per



*Bij spoelen moet de mestopslag verdubbeld worden*