R. Hoste
W.H.M. Baltussen

Mededeling 489

BEPERKING AMMONIAKEMISSIE OP VARKENSBEDRIJVEN

Actualisatie 1993

September 1993

LANDBOUW-ECONOMISCH INSTITUUT DEN HAAG BIBLIOTHEEK
SIGN: L 27-489
EX. NO: B
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
Afdeling Landbouw

REFERAAT

BEPERKING AMMONIAKEMISSIE OP VARKENSBEDRIJVEN; ACTUALISATIE 1993
Hoste, R. en W.H.M. Baltussen
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1993
Mededeling 489
ISBN 90-5242-224-9
66 p., 9 fig., 16 tab., 7 bijl.

Ammoniak draagt bij aan de verzuring van het milieu. De Nederlandse overheid heeft zich tot doel gesteld de uitstoot aan ammoniak in de landbouw in 2000 met 50 tot 70% te verminderen ten opzichte van het jaar 1980. Landbouwbedrijven zullen hiertoe aanpassingen moeten plegen. Er komen nieuwe technieken en het technisch onderzoek op dit terrein staat niet stil. Daarbij komt dat de variatie in kosten en emissiebeperking even groot is als de mogelijkheden.

Een onderzoek uit 1990, naar de mogelijkheden en de kosten van bedrijfsaanpassingen in de varkenshouderij om de ammoniakemissie op bedrijfsniveau te beperken, is geactualiseerd.

Economisch gezien is 60% emissiereductie voor de varkenssector goed haalbaar, vèrgaande stalaanpassingen zijn hierbij niet noodzakelijk. Grote stalaanpassingen, in combinatie met kleine stalaanpassingen en emissie-arme mestaanwending leiden tot een reductie van de ammoniakemissie met meer dan 70%. De kostenstijgingen die hiermee gepaard gaan, kunnen door een deel van de bedrijven financieel niet gedragen worden.

Kosten/Ammoniak/Emissie/Varkens/Bedrijven

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Hoste, R.

Beperking ammoniakemissie op varkensbedrijven :
actualisatie 1993 / R. Hoste en W.H.M. Baltussen. - Den Haag :
Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). - Fig.,
tab. - (Mededeling / Landbouw-Economisch Instituut
(LEI-DLO) ; no. 489)
ISBN 90-5242-224-9
NUGI 835
Trefw.: ammoniakemissie / varkenshouderijen.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

INHOUD

		Blz.
WOORD VOORAF		5
SAMENVATTING		7
1.	INLEIDING	13
2.	INVENTARISATIE VAN INVLOEDSFACTOREN OP DE AMMONIAKEMISSIE	15
	2.1 Voeding	15
	2.2 Stalaanpassingen	16
	2.2.1 Algemeen stalaanpassingen	16
	2.2.2 Beperken roosteremissie	17
	2.2.3 Stankslot en mestpan	17
	2.2.4 Mestschuiven	18
	2.2.5 Riolerings- en spoelsysteem	18
	2.2.6 Diepstrooisel	19
	2.2.7 Mestopslag	19
	2.3 Luchtzuivering	20
	2.4 Aanwending van mest	20
	2.5 Centrale mestverwerking	22
3.	METHODE EN UITGANGSPUNTEN	23
	3.1 Ontwikkelingen exclusief milieubeleid	23
	3.2 Berekening stikstofbalans	23
	3.3 Keuze bedrijfstypen	25
	3.4 Uitgangspunten invloedsfactoren	25
	3.4.1 Algemeen	25
	3.4.2 Voeding	26
	3.4.3 Stalaanpassingen	29
	3.4.4 Luchtzuivering	31
	3.4.5 Mestaanwending	32
	3.4.6 Invloed bedrijfsomvang op de kosten	32
	3.4.7 Centrale mestverwerking	34
	3.5 Rekenmodel ammoniakemissie	35
4.	RESULTATEN	37
	4.1 Reductie per dierplaats	37
	4.1.1 Emissiereductie	37
	4.1.2 Invloed bedrijfsomvang	42
	4.1.3 Invloed centrale mestverwerking	44
	4.2 Reductie voor de sector varkenshouderij	45
5.	DISCUSSIE	48
6.	CONCLUSIES	53

Blz.

LITERATUUR 55

BIJLAGEN 59
1. Technische resultaten van zeugen en vleesvarkens 60
2. N-inhoud van dieren in gram per dier en het hierbij behorende gewicht van de verschillende diersoorten 61
3. Berekeningswijze van de N-balans 62
4. Verschillen in voerprijs en stikstofgehalten 63
5. Overzicht van coëfficiënten ten behoeve van het rekenmodel ammoniakemissie 64
6. Reductiepercentages en kosten van emissiebeperkende maatregelen 65
7. Kosten van stalaanpassingen 66

WOORD VOORAF

Ammoniak is één van de stoffen die bijdragen aan de verzuring van het milieu. De overheid heeft de eis gesteld dat de uitstoot van ammoniak uit de landbouw in het jaar 2000 met 50 tot 70% gereduceerd moet zijn ten opzichte van 1980. Om dit te bereiken moeten landbouwbedrijven aanpassingen plegen.

Dit rapport is het resultaat van een onderzoek naar de mogelijkheden en de kosten van aanpassingen op varkenshouderijbedrijven ten aanzien van vermindering van de ammoniakemissie. Het betreft een actualisatie, anno 1993, van een soortgelijk onderzoek op basis van de stand van techniek en onderzoek in 1989. Het onderzoek maakt deel uit van een project waarin, naast de varkenshouderij, eveneens de rundvee- en pluimveehouderij onderzocht zijn.

Het onderzoek is mede tot stand gekomen dankzij de financiele middelen die de overheid en het bedrijfsleven (Financierings Overleg Mest- en Ammoniakonderzoek) beschikbaar hebben gesteld.

Technische informatie is verkregen vanuit de literatuur en van diverse instituten. Met name de heren J.J.M. Schellekens en E.J.R. Maathuis van het Informatie- en Kennis Centrum Veehouderij, afdeling Varkenshouderij te Rosmalen hebben een bijdrage geleverd aan de financiële uitgangspunten. De heer H.J.M. Hendriks (IKC Veehouderij afdeling Varkenshouderij) heeft de nodige kennis geleverd ten aanzien van emissiecijfers.

Dit onderzoek is uitgevoerd door R. Hoste, terwijl W.H.M. Baltussen het totale project gecoördineerd heeft.

De directeur,

Den Haag, september 1993

L.C. Zachariasse

SAMENVATTING

1. Inleiding

Ammoniak is één van de oorzaken van verzuring van het ecosysteem in Nederland en draagt voor circa 35% hieraan bij. De bijdrage van de landbouw aan de ammoniakemissie bedraagt zo'n 90%. In het Plan van Aanpak (1990) heeft de overheid aangekondigd te streven naar een vermindering van de ammoniak-uitstoot vanuit de landbouw in het jaar 2000 met 50-70% ten opzichte van 1980.

2. Doel

In dit rapport is een onderzoek beschreven naar de mogelijkheden en kosten van beperking van de ammoniakemissie op varkensbedrijven. Het betreft een actualisatie van een eerder uitgevoerd onderzoek door Baltussen et al. (1990) op basis van gegevens uit 1989. Een actualisatie is gewenst in verband met vorderingen in het onderzoek en de stand van de techniek.

De ammoniakemissie per dierplaats is berekend voor 1980, 1990 en voor 2000 in de autonome situatie. Vervolgens is de emissie berekend bij verschillende emissiebeperkende maatregelen. In het rapport is een beknopte inventarisatie gegeven van mogelijke aanpassingen op het bedrijf die ten doel hebben de NH_3-emissie te beperken. De emissiereductie, de kosten en bijkomende aspecten zijn hierin besproken.

Emissiebeperking op een varkenshouderijbedrijf kan plaatsvinden door vermindering van aanvoer van stikstof enerzijds en anderzijds door beperking van de emissie vanaf roosters, uit de mestkelder, uit een eventuele mestopslag buiten de stal en bij aanwending van mest. Er is een grote verscheidenheid in emissiebeperkende maatregelen ten aanzien van emissiebeperking en kosten. Onderzocht zijn enkelvoudige maatregelen en pakketten van maatregelen ten aanzien van totale emissiebeperking en de totale kosten per dierplaats. De zeugenhouderij en vleesvarkenshouderij zijn als aparte takken doorgerekend. De effecten van emissiebeperkende maatregelen zijn per dierplaats berekend ten opzichte van de autonome situatie in 2000.

3. Uitgangspunten

In de berekeningen is uitgegaan van een autonome situatie in 2000 zonder regelgeving op het gebied van ammoniakemissie. Voor de autonome situatie in 2000 is uitgegaan van te verwachten technische resultaten, zoals door Timmers (1992) zijn beschreven. Bij de berekening van de stikstofexcretie per dier is gebruik gemaakt

van Coppoolse et al. (1990). Bij de berekeningen ten aanzien van de zeugen zijn telkens de biggen tot en met 25 kg en de opfokzeugen meegerekend.

Ten aanzien van de kosten van bedrijfsaanpassingen per dierplaats is gerekend met verschillende bedrijfsgroottes. De kosten van aanpassingen variëren namelijk aanzienlijk met de bedrijfsomvang. Er is gerekend met zeugenbedrijven met 100, 200 en 300 plaatsen, de vleesvarkensbedrijven hebben respectievelijk 500, 1000 en 1500 plaatsen en er is gerekend met een gesloten bedrijf met 150 zeugenplaatsen en 1000 vleesvarkensplaatsen.

Ten aanzien van voeding is gerekend met twee niveaus van eiwitverlagingen in het voer: matige en sterke aanpassing. Bij aanpassing is ook uitgegaan van overschakeling van één naar twee voersoorten (zeugen), danwel twee naar drie voersoorten (vleesvarkens). Bij zeugen daalt het gemiddeld stikstofgehalte in de twee voeraanpassingen met respectievelijk 7 en 13%, terwijl de N-excretie daarbij daalt met respectievelijk 10 en 19%. Bij vleesvarkens daalt het gemiddeld stikstofgehalte bij de voeraanpassingen met respectievelijk 6 en 7%, terwijl de excretie daalt met respectievelijk 9 en 10%. Er is rekening gehouden met toepassing van synthetische aminozuren in het voer, om de N-excretie te verlagen.

Bij de voeraanpassingen is rekening gehouden met het aandeel minerale N van de totale uitgescheiden stikstof. Voor de vleesvarkens is uitgegaan van het model MESPRO van Aarnink & Van Ouwerkerk (1990). Bij de sterke voeraanpassing is het gehalte aan minerale N iets lager dan in de autonome situatie en bij matige aanpassingen.

De ammoniakemissie in de stal bedraagt 30% van de minerale N. Bij stalaanpassingen is gerekend met twee vormen: kleine aanpassingen die de roosteremissie beperken en een grote aanpassing, waarmee de kelderemissie wordt tegengegaan. Voor de grote aanpassing is uitgegaan van een mestschuif. De kleine stalaanpassingen zorgen voor een reductie van 15% van de stalemissie bij de zeugen en van 25% bij de vleesvarkens. Voor grote stalaanpassingen is gerekend met 65% reductie van de stalemissie bij de zeugen en 50% bij vleesvarkens. Grote en kleine stalaanpassingen zijn additief meegenomen: de reductiepercentages zijn opgeteld indien beide aanpassingen doorgerekend zijn. In de berekeningen met luchtzuivering is gerekend met een biowasser. De reductie van de emissie door luchtzuivering is gesteld op 80%.

Indien grote stalaanpassingen zijn ingerekend, is uitgegaan van een mestopslag buiten de stal, met een capaciteit van jaarrond opslag. De emissie bij open opslag bedraagt 20% van de resterende minerale N. De opslag is standaard afgedekt. De ammoniakemissie wordt hierdoor met 90% gereduceerd.

Bij oppervlakkig aanwenden emitteert 50% van de overgebleven minerale N. Bij emissie-arm aanwenden zijn de kosten en emissiebeperking van zodebemesting aangehouden. De beperking bedraagt 80% van de emissie bij oppervlakkig aanwenden.

Behalve berekeningen waarbij alle mest wordt aangewend, is ook nagegaan wat de invloed is van centrale verwerking van de helft van de vleesvarkensmest. Er is van uitgegaan dat bij mestverwerking geen emissie plaatsvindt.

De ammoniakemissie is benaderd met een theoretisch model, waarin met bovenstaande coëfficiënten is gerekend. In dit model is rekening gehouden met interacties tussen emissieplaatsen.

4. Resultaten

De autonome daling in ammoniakemissie tussen 1980 en 2000 bedraagt bij zeugen 11% en bij vleesvarkens 6%.

Van de verschillende enkelvoudige maatregelen zijn bij vleesvarkens de kosten per kg emissiereductie per maatregel gemiddeld duidelijk lager dan bij zeugen. Gerelateerd aan het saldo zijn de maatregelen bij vleesvarkens echter duurder. Mestaanwending is de goedkoopste maatregel, gevolgd door voeraanpassingen en bij zeugen ook kleine stalaanpassingen. Dan volgen kleine stalaanpassingen bij vleesvarkens en veel duurder zijn grote stalaanpassingen en luchtzuivering. Met mestaanwending als enige maatregel wordt een emissiereductie van 43% bereikt.

Grote stalaanpassingen zijn per kg reductie mede zo duur, omdat de in de stal vastgehouden stikstof, bij aanwenden alsnog deels vervluchtigt. Combineren van maatregelen is dus noodzakelijk om effectief de emissie te beperken en om verder te komen dan de vereiste 50%.

De doorgerekende pakketten van maatregelen, met oplopende emissiereductie, staan in figuur 1.

Maatregel	Pakket			
	a	b	c	d
Mestaanwending	x	x	x	x
Voer - matig		x		
- sterk	x		x	
Stal - klein		x	x	x
- groot				x

Figuur 1 Vier pakketten van maatregelen (a t/m d) ter beperking van de ammoniakemissie, waarin de met "x" aangegeven aanpassingen opgenomen zijn

In de pakketten is steeds emissie-arme mestaanwending opgenomen. Tussen de pakketten a t/m c is variatie ten aanzien van voer- en kleine stalaanpassingen. Pakket c is de variant met

maximale emissiebeperking zonder grote stalaanpassingen. In pakket d zijn grote stalaanpassingen opgenomen.

De emissiereducties die bij de bovengenoemde pakketten worden gehaald, staan weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 Emissiereductie (% ten opzichte van de autonome situatie in 2000) bij vier pakketten van emissiebeperkende maatregelen voor zeugen en vleesvarkens

Diersoort	Pakket			
	a	b	c	d
Zeugen	54	55	59	74
Vleesvarkens	53	58	62	72

In combinaties met andere aanpassingen neemt de invloed van voeraanpassingen af. De reden hiervoor is dat, bij bijvoorbeeld emissie-arme mestaanwending, voeraanpassing slechts invloed heeft op de resterende emissie. Het tegenovergestelde geldt voor pakket d. De reductie van de emissie bij grote stalaanpassingen wordt in het geval van oppervlakkige aanwending alsnog teniet gedaan: de zorgvuldig in de mest gehouden stikstof vervluchtigt alsnog. Wanneer naast grote stalaanpassingen ook emissie-arm aangewend wordt, gebeurt dit niet. Bij combinatie wordt een versterkend effect gevonden.

De kosten van bovengenoemde pakketten a t/m c variëren van *f* 25,- tot *f* 33,- per zeugenplaats per jaar. Bij vleesvarkens bedraagt dit *f* 5,- tot *f* 11,- per vleesvarkensplaats per jaar. Het verdergaande pakket d kost respectievelijk *f* 127,- voor de zeugen en *f* 32,- voor de vleesvarkens, per plaats per jaar. Dit betekent dat de laatste 10-20 procenteenheden extra reductie de totale kosten met een factor 3 à 4 doet toenemen. Het blijkt dat de kosten van emissiebeperkende maatregelen in dit traject exponentieel toenemen. Bij toenemende reductie wordt een breekpunt in de kosten gevonden bij introductie van grote stalaanpassingen.

De kosten van emissiebeperkende maatregelen variëren met de bedrijfsgrootte. De bovengenoemde kosten zijn gegeven voor respectievelijk een zeugenbedrijf met 200 plaatsen en een vleesvarkensbedrijf met 1000 vleesvarkensplaatsen. De maatregelen zijn per dierplaats duidelijk duurder voor de "kleine" bedrijven: 100 zeugenplaatsen of 500 vleesvarkensplaatsen. Voor de "grote" bedrijven (300 zeugen- of 1500 vleesvarkensplaatsen) worden alleen grote stalaanpassingen per dierplaats nog wezenlijk goedkoper.

Door de helft van de vleesvarkensmest centraal te verwerken, neemt de emissie, zonder verdere maatregelen, af met 27% ten opzichte van de autonome situatie. Dit wordt veroorzaakt doordat geen opslag- en aanwendingsemissie plaatsvindt.

In combinatie met de eerder genoemde pakketten van maatregelen a t/m c neemt de totale emissie per dierplaats door centrale verwerking van de helft van de vleesvarkensmest af met 5 procent-eenheden. De stijging in kosten bedraagt ruim *f* 16,- per vleesvarkensplaats per jaar. Pakket c haalt dan een emissiereductie van 67% en kost *f* 25,- per vleesvarkensplaats per jaar.

Bij pakket d (met grote stalaanpassingen) is mestverwerking aantrekkelijker dan bij pakketten a t/m c. De emissie neemt hierbij af met 8 procent-eenheden, terwijl de extra kosten *f* 10,- per vleesvarkensplaats per jaar bedragen. De emissiereductie bedraagt dan 80% en de kosten per plaats bedragen *f* 42,- per jaar.

De emissiebeperking per dierplaats ten opzichte van de autonome situatie in 2000 is doorgerekend naar sector-niveau ten opzichte van 1980. Hierbij is er van uitgegaan dat de berekende emissie per dierplaats een goede weergave is van de werkelijke emissie in de sector. Er is rekening gehouden met toename van de varkensstapel tussen 1980 en 1990. Voor de verandering in omvang van het aantal varkens tussen 1990 en 2000 is uitgegaan van een studie van Baltussen & Van Horne (1993) naar omvang van de varkensstapel bij enkele beleidsvarianten: mineralenbeleid en ammoniakbeleid (=mineralenbeleid aangevuld met de eis van grote stalaanpassingen). Ook de autonome daling in emissie per dierplaats tussen 1980 en 2000 is in de berekeningen meegenomen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 Overzicht van emissiebeperking in de varkenssector in 2000 (% ten opzichte van 1980) bij combinaties van pakketten van emissiebeperkende maatregelen en beleidsvarianten

Beleidsvariant	Pakket	Zeugen	Vleesvarkens	
			afzet *)	CMV **)
Mineralenbeleid	a	51	46	51
Ammoniakbeleid	d	74	76	83

*) Afzet van vleesvarkensmest op het land; **) Helft van de vleesvarkensmest naar centrale mestverwerking, andere helft afgezet.

In tabel 2 zijn twee uitersten gegeven ten aanzien van de emissiebeperking op sectorniveau. Pakket a onder het mineralenbeleid zal 50% emissiereductie voor de varkenssector net halen, waarbij voor vleesvarkens met centrale mestverwerking gerekend is. Bij pakket d onder het ammoniakbeleid zal meer dan 70% emissiereductie gehaald worden. De kosten nemen hierbij echter sterk toe.

Pakket c is de maximumvariant zonder grote stalaanpassingen. Wordt dit pakket doorgerekend onder het mineralenbeleid, dan bedraagt de nationale emissiebeperking in de varkenshouderij voor zeugen 57% en voor vleesvarkens met centrale mestverwerking 64%. Voor de hele varkenssector betekent dit een emissiebeperking van 62%, als uitgegaan wordt van het aantal dieren onder het mineralenbeleid.

De resultaten komen in grote lijnen overeen met de resultaten van het eerdere onderzoek van Baltussen et al. (1990). Het absolute niveau van ammoniakemissie in de autonome situatie in 2000 is in hun onderzoek 12% hoger. Dit hangt samen met het aandeel minerale stikstof van de totaal uitgescheiden stikstof en met mineralisatie in de mest. Onderzoek hiernaar is gewenst.

1. INLEIDING

De ammoniakemissie in Nederland komt naar schatting voor 90% uit de landbouw. De bijdrage van ammoniak aan de verzuring in Nederland bedroeg in 1980 naar schatting 35% (Bron: RIVM, Nationale Milieuverkenning-2, 1991).

De invloed van ammoniak op het milieu is meer dan een bijdrage aan de verzuring. Stikstofdepositie is een vorm van bemesting van het gewas, het beïnvloedt de plantengroei en kan de mineralenbalans van de bodem beïnvloeden. In natuurlijke vegetaties is de stikstofopname vrij laag. Het overschot aan stikstof als gevolg van depositie zal af-/uitspoelen naar het oppervlakte- en grondwater. Behalve invloed op het ecosysteem heeft ammoniak ook invloed op de gezondheid van mens en dier.

De ammoniakemissie in Nederland moet van overheidswege in 2000 met minimaal 50% gereduceerd zijn ten opzichte van het jaar 1980. Er geldt een inspanningsverplichting ten aanzien van de emissiereductie van 70%. De totale NH_3-uitstoot in dat jaar bedroeg volgens het Plan van Aanpak (1990) 224 mln kg NH_3. Volgens een studie van Heidemij/TNO (1993) is dit niet meer dan 199,6 mln kg NH_3.

In 1990 bedroeg de emissiereductie op nationaal niveau 6% ten opzichte van 1986 (Oudendag, 1993). Deze daling werd hoofdzakelijk veroorzaakt door mutaties in omvang van de veestapel. Anno 1993 is de emissie sterker beperkt, omdat er al op grote schaal emissie-arme mestaanwending wordt toegepast en mestsilo's zijn afgedekt. Volgens Oudendag (1993) is in 2000 ten opzichte van 1986 een reductie van de ammoniakemissie in de veehouderij haalbaar van 73%, indien alle momenteel gangbare emissiebeperkende maatregelen worden toegepast, met uitzondering van luchtwassers/biofilters en aanzuren van dierlijke mest. De jaarkosten voor de Nederlandse veehouderij bedragen hierbij meer dan één miljard gulden.

Ammoniak emitteert vanuit mest op de roosters, vanuit mestopslag in en buiten stallen, bij beweiden en bij het mest uitrijden. Op al deze punten kunnen maatregelen worden toegepast om de ammoniakemissie te beperken. Een andere mogelijkheid is het verlagen van het N-gehalte in de mest.

De kosten-effectiviteit ten aanzien van maatregelen om de emissie te reduceren verschilt nogal tussen diersectoren, maar ook ten aanzien van verschillende typen maatregelen binnen diersector (bijvoorbeeld stalaanpassingen of voedingsmaatregelen) (Oudendag, 1993). Daarom is het van belang om die combinaties van maatregelen te vinden die, binnen de diersoort en gegeven de reductie-eis, de minste kosten teweegbrengen. Dit is door Baltussen et al. (1990) voor de verschillende diersectoren berekend bij de stand van de techniek en het onderzoek, anno 1989. Momenteel

(voorjaar 1993) zijn er nieuwe onderzoeksresultaten. Daarom is het onderzoek geactualiseerd.

Behalve voor 1980 en 1990 en voor 2000, met alleen autonome ontwikkelingen, is voor 2000 de emissie per dierplaats per jaar berekend bij emissiebeperkende maatregelen. Voor de beide sectoren zeugenhouderij en vleesvarkenshouderij is voor verschillende emissiebeperkende maatregelen nagegaan wat de hoogte van de emissiebeperking is en wat de kosten zijn. Vervolgens zijn voor enkele pakketten van maatregelen de jaarkosten en de reductie berekend. Bij de inventarisatie van verschillende maatregelen is niet gestreefd naar volledigheid, maar is een beknopt overzicht gegeven.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te geven in de mogelijkheden en kosten van beperking van de ammoniakemissie voor bedrijven in de sector varkenshouderij. Dit wil echter niet zeggen dat de uitkomsten voor alle individuele praktijkbedrijven zouden gelden. De praktijk is te divers om in een eenvoudig model te vangen.

De effecten van emissiebeperkende maatregelen zijn in eerste instantie per dierplaats berekend ten opzichte van de autonome situatie in 2000. Wat betreft de reductie-eis van 50-70% die voor de hele Nederlandse landbouw geldt, is gerekend alsof ze per dierplaats geldt. Vervolgens is berekend wat het effect van technische aanpassingen in combinatie met de ontwikkeling in het aantal dieren is. Hierbij is rekening gehouden met wijzigingen in omvang van het aantal dieren tussen 1980 en 1990 en met de verwachting hiervan tussen 1990 en 2000.

De verschillende typen maatregelen zijn in hoofdstuk 2 beschreven. De in de berekeningen gebruikte uitgangspunten en de werkwijze staan in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 en 5 staan respectievelijk de resultaten en de discussie, waarna in hoofdstuk 6 de conclusies weergegeven zijn. In de discussie wordt herhaaldelijk terugverwezen naar het eerste onderzoek van Baltussen et al. (1990).

2. INVENTARISATIE VAN INVLOEDSFACTOREN OP DE AMMONIAKEMISSIE

2.1 Voeding

Voor de (re-)produktie hebben zeugen en vleesvarkens stikstof (N) nodig. De stikstof-(≈eiwit-)voorziening ligt in de praktijk altijd ruim boven de behoefte. Door de N-aanvoer via de voeding te verkleinen, zal, bij gelijke vastlegging in het dier, de N-excretie verminderen. Vermindering van de N-aanvoer kan, al dan niet gecombineerd, via twee sporen:

- door verbeterde afstemming van de stikstofvoorziening op de behoefte; maatregelen die hieronder vallen zijn bijvoorbeeld verlaging van het ruw-eiwitgehalte in het voer en toepassen van meerdere voersoorten, c.q. multifasenvoedering; deze categorie voedingsmaatregelen wordt hierna besproken.
- door verbetering van de efficiëntie van het stikstofgebruik van het dier. Hierbij valt te denken aan verbetering van de voerconversie. Dit betreft een autonome ontwikkeling, die door de boer nauwelijks bewust te sturen is. Het gebruik van voeradditieven en van goed-verteerbare grondstoffen valt ook hieronder.

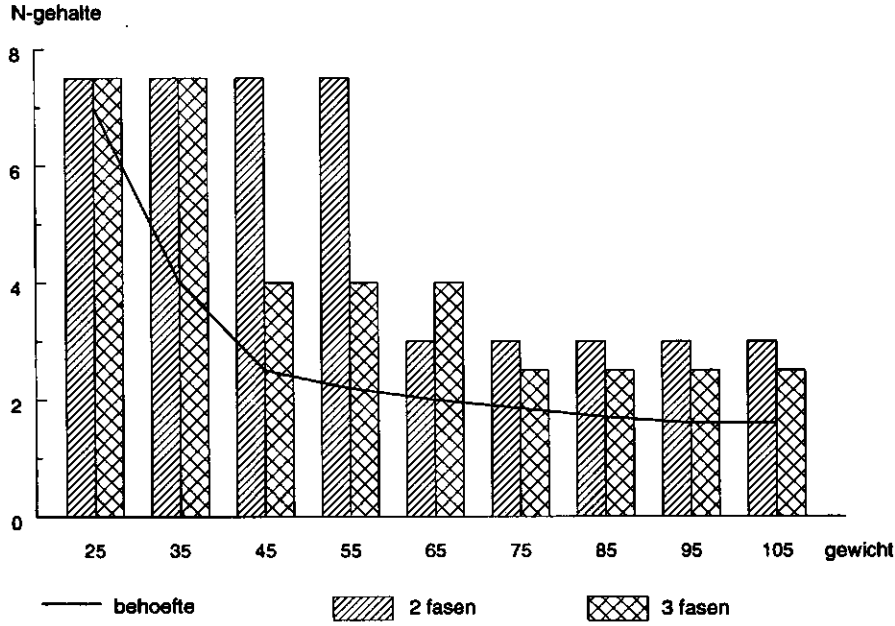
In figuur 2.1 wordt de N-behoefte van een vleesvarken gedurende de mestperiode schematisch afgebeeld. Er zijn geen reële getallen gebruikt voor het N-gehalte. Ook staan in deze figuur de eiwitvoorziening bij twee en bij drie voersoorten afgebeeld.

De N-voorziening bij driefasenvoeding is beter afgestemd op de actuele behoefte van het dier dan bij tweefasenvoeding. Dit blijkt ook uit figuur 2.1. Voor multifasenvoeding geldt dit in nog iets sterkere mate. Wel geldt dat de grootste reductie behaald kan worden door van twee naar drie voersoorten te gaan.

Bij zeugen is de behoefte aan eiwit tijdens de kraamperiode veel hoger dan tijdens de dracht. Een overgang van één voersoort, die afgestemd is op de hele cyclus, naar twee voersoorten geeft een reductie in stikstofopname en -uitscheiding.

De stikstof die in de mest wordt uitgescheiden bestaat uit een deel minerale (N_{min}) en een deel organische stikstof (N_{org}). Alleen de minerale N kan vervluchtigen, in de stal, in de mestsilo of bij het uitrijden. Het aandeel N_{min} van de totale hoeveelheid uitgescheiden stikstof (N_{tot}) is dus van invloed op hoeveelheid ammoniakemissie. Dit aandeel N_{min} is afhankelijk van verschillende factoren, maar vooral van de stikstofopname. Bij een ruime N-voorziening zal er een groter deel van de totale N-excretie uit N_{min} bestaan dan bij een juist toereikende stikstofopname (Kirchgessner et al., 1991; Aarnink & Van Ouwerkerk, 1990).

Tijdens de opslag wordt een deel van de organische stikstof omgezet in minerale vorm. Deze snelheid van mineralisatie ("verrotting") is afhankelijk van onder andere temperatuur en gehalte aan N_{min} in de mest. Bij een lange opslagduur kan er dus meer



Figuur 2.1 Schematische weergave van de N-behoefte en de N-voorziening van een vleesvarken (uitgedrukt als N-gehalte in het voer), gedurende de mestperiode bij 2-fasen- en 3-fasenvoedering

(potentieel emitteerbare) N_{min} ontstaan. Bij opslag buiten de stal zal de temperatuur van de mest gemiddeld echter iets lager zijn dan in de stal. Het uiteindelijke effect is niet goed in te schatten.

2.2 Stalaanpassingen

2.2.1 Algemeen stalaanpassingen

Uitgebreide beschrijvingen van de verschillende stalsystemen ter reductie van de ammoniakemissie zijn te vinden in Verdoes (1990). Verder zijn per aanpassing ook nog enkele bronnen genoemd.

Door stalaanpassingen te plegen wordt getracht de in de mest aanwezige stikstof ook in de mest te houden. Dit kan onder andere bereikt worden door mest en urine zo snel mogelijk te scheiden. In faeces zijn urease-vormende microben aanwezig, die het in urine aanwezige ureum direct omzetten in CO_2 en NH_3. Als mest en urine zo snel mogelijk worden gescheiden, wordt de NH_3-vorming beperkt. Dat kan bijvoorbeeld door hellende vloeren toe te passen met directe afvoer van de urine.

De emitterende oppervlakte heeft ook een belangrijke invloed op de emissie. Beperking van deze oppervlakte, bijvoorbeeld door een mestpan of mestgoot, zal de emissie per dierplaats doen afnemen.

Bij vleesvarkens wordt gesteld dat circa 70% van de NH_3-emissie onder de roosters vandaan komt en 30% vanaf de roosters (Voermans et al., 1992). Bij gespeende biggen bedraagt de kelderemissie ten minste 80%. Dit blijkt uit metingen ten aanzien van emissiebeperking van een mestschuif bij deze biggen (Montsma & Groenestein, 1992). Bij zeugen inclusief biggen zal de rooster-emissie, over alle dierplaatsen gemeten, tussen 70 en 80% liggen.

2.2.2 Beperken roosteremissie

Roosteremissie kan beperkt worden door roosters toe te passen met een betere mestdoorlaat. Als bij vleesvarkens de betonroosters worden vervangen door metalen roosters verbetert de mestdoorlaat. De roosters emitteren dan minder NH_3. Het is, uit kostenoogpunt ook mogelijk om een deel van de roosters te vervangen door metalen roosters, namelijk dat deel waar een groot deel van de mest valt. Hiervoor is het noodzakelijk dat de dieren vaststaan. Dit is bijvoorbeeld toe te passen bij zeugen.

In plaats van een ander soort roosters is het ook mogelijk om een roosterspleet toe te passen. Een roosterspleet is een open spleet van ongeveer 10 cm tegen de achterwand van het hok. Voordeel hiervan is dat de mest niet op een hoop blijft liggen in een hoek van het hok, maar direct in de kelder komt. Bij nieuwbouw zijn de kosten vrij laag.

Verondersteld wordt dat bij het toepassen van een roosterspleet, gecombineerd met metalen roosters voor vleesvarkens, een reductie van 50% van de roosteremissie haalbaar is (Hendriks, pers.comm., 1993). Dit is dus ongeveer 15% van de stalemissie. Sturen van het mestgedrag van de varkens is hierbij noodzakelijk. Te denken valt hierbij aan goede hokuitvoering en klimaatbeheersing, waarbij bevuilen van de dichte vloer voorkomen wordt.

2.2.3 Stankslot en mestpan

De emissie uit een mestkelder onder halfroostervloer met stankslot is beduidend lager dan uit een kelder zonder stankslot. Een stankslot is een kleine bouwaanpassing. Hierbij wordt de dichte vloer in het hok benut als mestopslag, waarbij de open verbinding onder het gangbare mestniveau zit. Hierdoor kan uit het afgesloten deel van de mestopslag geen NH_3 ontsnappen en zal een evenwicht in NH_3-gasdruk tussen de lucht en de mest ontstaan. De emissie wordt hierbij stilgelegd. Met name bij een flinke luchtbeweging onder de roosters kan een stankslot een bijdrage leveren. In de Ecologische Richtlijn wordt met een stankslot bij vleesvarkens gerekend met een beperking van de ammoniakemissie uit de stal van ruim 15%. Van de emissie uit de kelder betreft dit een vermindering bij vleesvarkens met circa 25%.

Een andere vorm van beperking van de kelderemissie is het verkleinen van de emitterende oppervlakte met behulp van een mestpan of een mestgoot. Een mestgoot is een ondiepe goot met schuine wanden die uitmonden in een afvoer en zit onder het roostergedeelte van het hok. Bij een mestpan of -goot is een rioleringssysteem nodig voor de afvoer van de mest. De emissiereductie van een mestpan in de kraamstal bedraagt circa 30% ten opzichte van een vergelijkbare kraamstal zonder mestpan (Verdoes et al., 1993). Een mestgoot is bij vleesvarkens ten aanzien van emissiebeperking zinvol, maar alleen indien het mestgedrag zodanig gestuurd wordt dat er een vaste mestplek is van beperkte omvang. De mestpan/goot is nog volop in onderzoek en lijkt per kg reductie van de ammoniakemissie relatief goedkoop te zijn.

2.2.4 Mestschuiven

Een mestschuifsysteem is een systeem waarbij meerdere keren per dag de mest (en urine) weggeschoven worden naar een opslag met sterk verminderde emissiemogelijkheden (min of meer afgesloten kelder, mestsilo). Bij een deel van de systemen worden mest en urine gescheiden. De keldervloer is dan schuin, met een helling van 5%, waardoor de urine direct kan weglopen in een giergoot.

Een onderzoek naar de bruikbaarheid van de mestschuif om de ammoniakemissie bij vleesvarkens te beperken, is beschreven door Voermans & Van Asseldonk (1990). Zij maakten gebruik van een hellende, gecoate vloer met giergoot. De maximale emissiebeperking lag op 40% ten opzichte van de referentiemeting. Zij hadden te maken met nogal wat hokbevuiling, hierbij werd dan geen beperking van de emissie waargenomen. In onderzoek bij gespeende biggen is zo'n 80% reductie waargenomen (Montsma & Groenestein, 1992). Dit betrof echter metingen direct na installatie. Groenestein & Montsma (1993) hebben in dezelfde afdelingen na verloop van ongeveer een half jaar nogmaals gemeten. Zij vonden een emissiereductie van circa 65%. De daling in emissiereductie weten zij met name aan slijtage van het systeem.

Als er aandacht besteed wordt aan het voorkomen van hokbevuiling (door onder andere hokvorm, klimaat enzovoorts), zal de emissiereductie 50-65% kunnen halen.

2.2.5 Riolerings- en spoelsysteem

Het riolerings- en spoelsysteem is onder andere beschreven door Thelosen (1993).

In het rioleringssysteem liggen onder de kelder rioleringspijpen, waardoor de mest afgevoerd kan worden. Als er alleen een rioleringssysteem toegepast wordt, zonder te spoelen, blijft er altijd een klein laagje mest in de kelder achter. De emissie wordt daarom nauwelijks verminderd. Daarom moet de mest uit de kelder gespoeld worden. Van dit gecombineerde riolerings- en spoelsysteem zijn drie vormen (Verdoes, 1990; Hoeksma et al.,

1993). Ze hebben gemeen dat een aantal keren per dag de mest, samen met de spoelvloeistof uit de kelder gelaten wordt.

Het riolerings- en spoelsysteem is een systeem met een aantal trappen. Om de mest frequent goed af te kunnen voeren is er een spoelsysteem nodig. Hierbij moet deze vloeistof bereid worden uit de mengmest, omdat bij gebruik van leidingwater de mestkwaliteit achteruit zou gaan door verlaging van het droge-stofgehalte. Hiertoe wordt:

a. de mest gescheiden via mechanische scheiding (zie Verdoes et al., 1992) of via spontane bezinking (zie De Kleijn & Voermans, 1991) en;
b. de hieruit ontstane dunne fractie moet zodanig behandeld worden dat de N die hierin zit niet alsnog vervluchtigt. Teneinde een NH_3-vrije vloeistof te verkrijgen wordt de dunne fractie aangezuurd of belucht. De hieruit ontstane vloeistof kan worden gebruikt als spoelvloeistof.

De emissie van ammoniak uit de stal wordt met het gecombineerde spoel- en rioleringssysteem met 65-70% verminderd (Voermans et al., 1992).

Voor een spoelinstallatie bestaat de investering uit de vaste installatie (bereiding spoelvloeistof) en een bedrag per dier (aanvoer van de spoelvloeistof en kosten voor energie en zuurverbruik). Aangezien de investering van de vaste installatie groot is, zijn de kosten per dierplaats van het riolerings- en spoelsysteem sterk afhankelijk van de bedrijfsgrootte.

2.2.6 Diepstrooisel

Dit systeem is onder andere beschreven in Van de Sande-Schellekens & Voermans (1993).

Het diep- of dikstrooiselsysteem is een systeem waarbij de varkens op een dik pakket strooisel worden gehuisvest. Aan het strooisel worden bacteriecultures en/of voedingsstoffen toegevoegd en het is de bedoeling dat mest en urine in het strooisel gecomposteerd worden. De beperking van emissie van ammoniak is wisselvallig. Oosthoek (1993) vond reductiepercentages tussen 23 en 57% ten opzichte van de emissie bij volledig roostervloer. Er komt onder andere het voor het milieu schadelijke lachgas (N_2O) vrij, maar ook stikstofoxide (NO). Ook zijn de omstandigheden voor het welzijn van de dieren niet altijd positief. De kosten van het toepassen van diepstrooisel zijn momenteel hoog, vooral door het benodigde strooisel-toevoegmiddel en door de extra arbeid.

In dit onderzoek is diepstrooisel niet meegenomen in de berekeningen.

2.2.7 Mestopslag

Bij de opslag van mest buiten de stal kan ook nog NH_3 emitteren. De hoeveelheid geëmitteerde NH_3 is onder andere afhankelijk van temperatuur, oppervlakte van de silo en afdekking. De

reductie aan NH_3-emissie bedraagt bij een tentoverkapping 85-95%. Bij een mestzak bedraagt de beperking van de emissie zo'n 95%. De opslagduur is afhankelijk van de afzetmogelijkheden. Een totale opslagduur op het bedrijf of in afzetgebieden van negen maanden is noodzakelijk. Door verhoging van het droge-stofgehalte in de mest neemt het geproduceerde mestvolume per dierplaats per jaar af, daardoor kan het zijn dat bestaande kelders in de toekomst toch voldoende capaciteit hebben.

2.3 Luchtzuivering

Over luchtzuivering hebben onder andere Eggels & Scholtens (1989) en Van de Sande-Schellekens & Backus (1993) gerapporteerd.

Biobedden en biowassers zijn technieken om de uit de stal komende lucht te ontdoen van ammoniak. Hierbij wordt de ammoniak gebonden door bacteriecultures en omgezet in nitraat. De bacteriën koloniseren bij biobed en biowasser op het organische, respectievelijk kunststof vulmateriaal. Bij biowasser en biobed is afvoer van de afvalstoffen en bevochtiging van groot belang. Hierdoor ontstaat veel spuiwater.

Er kan per afdeling of voor de hele stal één biobed/biowasser toegepast worden. Dit heeft nauwelijks invloed op de kosten per dierplaats per jaar en op de investeringen. Bij een biobed of biofilter voor meerdere afdelingen is centrale afzuiging nodig.

Er zijn geen positieve effecten op het stalklimaat, omdat de stallucht pas bij afvoer gezuiverd wordt. Een groot nadeel van luchtzuivering is dat de boer geen voordeel heeft van een systeem dat goed draait, zodat het maar de vraag is of een veehouder bij een verplichte aanschaf het systeem werkelijk zal gebruiken. Doordat het systeem technisch nog niet uitgekristalliseerd is, kan er een ventilatieprobleem ontstaan en daardoor een slecht klimaat in de stal. Stof kan problemen veroorzaken door verstopping van het biobed of de biowasser. Verder is er nog het probleem van de afzet van het spuiwater. Dit is bij de meeste waterschappen niet te lozen via het riool, ook is niet duidelijk hoeveel ervan per ha uitgereden mag worden. Een mogelijkheid is om het bij de mest te voegen. De kwaliteit (lees: het droge-stofgehalte) van de dierlijke mest neemt hierdoor echter sterk af.

Een ander nadeel is dat de kosten per dierplaats per jaar zeer hoog zijn. Per kg emissiereductie valt dit wel weer wat mee, omdat de emissiebeperking rond de 80% ligt.

2.4 Aanwending van mest

Stalaanpassingen zijn alleen zinvol als de mest ook emissiearm wordt aangewend, anders vervluchtigt een deel van de zorgvuldig in de mest gehouden stikstof alsnog.

De meeste varkensbedrijven hebben niet veel grond waarop de geproduceerde varkensmest uitgereden kan en mag worden. De mest

zal daarom meer of minder ver getransporteerd moeten worden. Zeugenmest zal in het algemeen niet ver weg gebracht worden, in verband met het relatief grote volume per kg P_2O_5 ten opzichte van vleesvarkensmest. Vleesvarkensmest moet daardoor op grotere afstand afgezet of centraal verwerkt worden.

De in dit onderzoek gebruikte percentages emissiereductie zijn gegeven als een schatting op basis van de huidige metingen. In de praktijk zal de emissiereductie variëren, bijvoorbeeld als gevolg van weersomstandigheden (Bruins & Huijsmans, 1989).

Bij oppervlakkige aanwending emitteert circa de helft van de minerale N uit de mest. Uitkomsten van metingen variëren sterk. Bruins & Huijsmans (1989) vinden emissiecoëfficiënten tussen 23 en 58%. De kosten van oppervlakkig uitrijden bedragen *f* 3,- tot 4,-/m^3 (Baltussen et al., 1990; Krebbers, 1991).

Behalve oppervlakkige aanwending zijn er technieken waarbij de emissie bij uitrijden beperkt wordt. Bij deze technieken wordt de uit te rijden drijfmest niet met een spreidplaat op het land gesproeid, maar direct op of onder de zode gebracht wordt. Van de verschillende technieken kan in het algemeen gezegd worden dat hoe dichter de mest bij de zode gebracht en hoe dieper ingewerkt wordt, hoe groter de emissiereductie is en hoe hoger de kosten. Een voordeel van emissiebeperking bij aanwenden van drijfmest is, behalve verminderde ammoniakemissie, de hogere stikstof-toevoer via de mest. Hierdoor hoeft minder kunstmest-N aangewend te worden, wat een direct financieel voordeel oplevert.

Ten opzichte van het voorgaande onderzoek door Baltussen et al. (1990) zijn enkele technieken nieuw en/of er zijn nieuwe resultaten ten aanzien van emissiebeperking beschikbaar.

- *Sleepvoetenmachine*

De mest wordt bij de sleepvoetenmachine op het land gelegd door slangen die van de mesttank net boven de grond hangen. De emissiereductie is onder andere afhankelijk van de lengte van het gras. Het noemen van een vast percentage ligt nogal gevoelig (Krebbers, pers.comm., 1993), omdat deze tussen metingen nogal varieert. Uitgegaan wordt van 65%. (Krebbers, 1991).

- *Sleufvoetenmachine*

Bij de sleufvoetenmachine wordt in de praktijk net zo diep gewerkt als met een zodebemester, omdat de mest dan niet aan het gras blijft hangen. Voor de emissie moet dus het reductiepercentage van de zodebemester aangehouden worden: ± 80%. De kosten liggen eveneens op ca. *f* 5,- à *f* 6,-/m^3.

- *Zodebemesting en zode-injectie*

Zodebemesting reduceert bij maximale gift de NH_3-emissie ten opzichte van bovengronds uitrijden met zo'n 80%. Bij zode-injectie wordt de mest dieper geïnjecteerd dan bij zodebemesting, namelijk zo'n 8-10 cm. Er is nauwelijks emissie meer, de reductie ligt tussen 95 en 100%. Ten opzichte van mestinjectie is voor zode-injectie (minder diep injecteren) een groter deel van het

land geschikt en dit kan gedurende een langere tijd van het jaar. De kosten bedragen circa *f* 7,50/m³.

- *Mestinjectie*
  De emissiereductie is net als bij zode-injectie vrijwel volledig (95-100%). Mestinjectie kan alleen toegepast worden op grasland in het voorjaar en dan alleen op zand en verder op bouwland.

Direct onderwerken op bouwland kan ook de emissie sterk verminderen. Bij direct onderwerken bedraagt de reductie van de ammoniakemissie 97%, bij onderwerken na 3 en 6 uur bedraagt de reductie respectievelijk 82% en 61%. Zo snel mogelijk onderwerken is noodzakelijk. (Bruins & Huijsmans, 1989).

In tabel 2.1 is een overzicht gegeven van verschillende emissiebeperkende mestaanwendingstechnieken met de kosten per m³ en het percentage emissiereductie ten opzichte van oppervlakkig aanwenden.

Tabel 2.1 Bruto-kosten in guldens per m3 mest en ammoniak-reductie in % ten opzichte van oppervlakkig aanwenden, per mestaanwendingstechniek

Mestaanwendingstechniek	% emissie-reductie	Kosten per m³
Sleepvoeten	65	4 - 6,=
Sleufvoeten	80 *)	5 - 7,=
Zodebemesting	80	5 - 9,=
Zode-injectie	95	5 - 9,=
Mestinjectie	95	5 - 7,=
Bouwland mestinjectie	95	4 - 6,=

*) Bij gebruik als zodebemester.
Bron: MLNV, 1991.

2.5 Centrale mestverwerking

De ammoniakemissie bij aanwenden van dierlijke mest kan door centrale mestverwerking vrijwel geheel tegengegaan worden (Heidemij/TNO, 1993). Bij regelmatige afvoer is er voor de af te voeren mest nauwelijks opslagcapaciteit op het bedrijf nodig. Schattingen voor de tarieven van centrale mestverwerking van vleesvarkensmest met een droge-stofgehalte van 10%, lopen uiteen van *f* 30,- tot *f* 55,- per m³.

3. METHODE EN UITGANGSPUNTEN

3.1 Ontwikkelingen exclusief milieubeleid

In de loop van de tijd treden autonome ontwikkelingen op in bijvoorbeeld technische resultaten die een gemiddeld bedrijf haalt, als gevolg van produktiviteitsstijging en marktontwikkelingen. In dit onderzoek wordt voor de situatie in 2000 in grote lijnen uitgegaan van de te verwachten technische resultaten per dier, zoals deze door Timmers (1992) zijn beschreven. Voor 1980 en 1990 zijn, voor zover gegeven, de technische resultaten van de Technisch-Economische Administratie (Siva-produkten b.a.) genomen. De technische resultaten voor de drie onderzochte jaren zijn vermeld in bijlage 1. De mestproduktie in m^3 per dierplaats per jaar neemt in de loop van de tijd af door beperking in het waterverbruik. Er is uitgegaan van een mestproduktie in 2000 van 0,9 m^3 per vleesvarkensplaats en van 4,3 m^3 per zeugenplaats.

In de berekeningen wordt uitgegaan van een autonome situatie (in 2000) zonder regelgeving op het gebied van NH_3-emissiebeperking. Huidige ontwikkelingen zoals die bij voorlopers te zien zijn, bijvoorbeeld mestschuiven of ondiepe kelders met rioleringssysteem worden niet als autonome ontwikkelingen meegenomen. Deze ontwikkelingen zijn namelijk een voorschot op verwachtte wet- en regelgeving. Ook de momenteel reeds deels verplicht emissie-arme aanwending van de mest wordt als optie doorgerekend. Afdekken van de mestopslag wordt wel standaard meegenomen indien grote stalaanpassingen gepleegd moeten worden. Bij grote stalaanpassingen wordt mestopslag buiten de stal noodzakelijk. Afdekking is momenteel al verplicht. Voor 2000 is groepshuisvesting niet als autonome ontwikkeling meegenomen.

De effecten van emissiebeperkende maatregelen zijn in eerste instantie per dierplaats berekend ten opzichte van de autonome situatie in 2000. Vervolgens is bekeken wat de invloed is van de technische aanpassingen in combinatie met de te verwachten ontwikkelingen in de varkensstapel tussen 1980 en 2000.

3.2 Berekening stikstofbalans

De stikstof-opname, -retentie en -excretie zijn berekend aan de hand van de in bijlage 1 genoemde technische resultaten en de stikstofhoeveelheden in de verschillende diercategorieën uit Coppoolse et al. (1990) (bijlage 2). Het gebruikte rekenmodel is beschreven in bijlage 3. Andere uitgangspunten die bij de berekening van de N-balans gebruikt zijn, worden hierna puntsgewijs opgesomd:

- opfokzeugen worden op 6 maanden leeftijd aangekocht, ze krijgen per dag 2,5 kg lactovoer tot het moment van dekken;

- biggensterfte is als volgt ingerekend: 5/6 deel van de gestorven biggen sterft als pasgeboren big (1,3 kg); 1/6 deel van de gestorven biggen sterft als gespeende big (9 kg);
- het verschil tussen het percentage ingezette opfokzeugen en het percentage uitgevallen zeugen is de afvoer van opfokzeugen; verondersteld is dat deze dieren niet groeien;
- het aantal mestrondes per jaar is berekend als 365 / mestduur * 0,9, waarbij de mestduur berekend is als (aflevergewicht - opleggewicht)/daggroei. De factor 0,9 is de bezettingsgraad (onderbezetting als gevolg van spreiding in aflevering en schoonmaken);
- voor 1980 en 1990 en 2000 (autonome situatie) is uitgegaan van één voersoort: zeugenvoer; voor 2000 met voeraanpassingen is uitgegaan van twee voersoorten: drachtvoer en lactovoer;
- de hoeveelheid lactovoer per zeug is afhankelijk van de worpindex. De kraamstalperiode bedraagt 35 dagen en per kraamdag wordt gemiddeld 4,6 kg lactovoer verstrekt;
- de hoeveelheid voer per afgeleverd vleesvarken is berekend als (eindgewicht - opleggewicht) * voerconversie; voor 1980 en 1990 en 2000 (autonome situatie) is uitgegaan van twee voersoorten: startvoer (47 kg per varken) en vleesvarkensvoer (1980: 225 kg; 1990: 192 kg; 2000 autonoom: 181 kg); voor 2000 met voeraanpassingen is uitgegaan van drie voersoorten: startvoer (47 kg), groeivoer (75 kg) en afmestvoer (106 kg).

Volgens berekeningen uit de Technisch-Economische Administratie over 1991, gebruikt ongeveer 80% van de vleesvarkensbedrijven twee voersoorten. Voor de zeugen wordt op circa 50% van de bedrijven één voersoort toegepast.

In tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van de N-opname, -retentie en -excretie per dierplaats en jaar, voor de drie onderzochte jaren.

Uit tabel 3.1 blijkt dat er in de loop van de tijd een afname van de N-excretie per dierplaats plaatsvindt. Tussen 1980 en 1990 neemt de stikstof-excretie van vleesvarkens en zeugen per dierplaats af met 2 à 3 %. Tussen 1980 en 2000 is de daling bij zeugen duidelijk groter dan bij vleesvarkens, ongeveer 11% bij de zeugen tegen 6% bij de vleesvarkens.

De daling in stikstofexcretie tussen 1980 en 2000 bij zeugen en vleesvarkens komt door een daling in stikstofgehalte in het voer van 2% (zie bijlage 4). De hoeveelheid voer bij zeugen en vleesvarkens blijft ongeveer gelijk. Bij de zeugen wordt een verdere daling in excretie bereikt dan bij vleesvarkens. Dit komt doordat de stikstofretentie sterker toeneemt, doordat het aantal grootgebrachte biggen per zeug per jaar tussen 1980 en 2000 met één derde toeneemt, terwijl de N-aanvoer daalt. Bij vleesvarkens daalt de voerconversie weliswaar, maar door de hogere groei neemt de rondesnelheid toe. Het gevolg is dat de retentie bij vleesvarkens niet zo sterk toeneemt als bij zeugen.

*Tabel 3.1 Berekende stikstofbalans van zeugen *) en vleesvarkens (kg N per dierplaats per jaar) voor 1980 en 1990 en voor 2000 in de autonome situatie*

Diersoort en balansposten	1980	1990	2000 (autonoom)
Zeugen:			
N-opname	41,0	43,4	42,0
N-retentie	8,8	11,9	13,2
N-excretie	32,2	31,5	28,8
Vleesvarkens:			
N-opname	17,7	17,8	17,7
N-retentie	4,8	5,4	5,6
N-excretie	12,9	12,5	12,1

*) Inclusief biggen tot en met 25 kg en opfokzeugen.

3.3 Keuze bedrijfstypen

De hoogte van een investering is vaak afhankelijk van het aantal dieren op het bedrijf. Ook kan er sprake zijn van vaste kosten die niet samenhangen met het aantal dieren. Bij een groot bedrijf kunnen de vaste investeringskosten over meerdere dieren uitgesmeerd worden. De keuze voor een bepaalde investering hangt daardoor mede af van de bedrijfsomvang.

Voor de zeugenhouderij zijn drie bedrijfsgroottes doorgerekend, te weten 100, 200 en 300 zeugenplaatsen, inclusief biggen tot 25 kg en opfokzeugen. Voor de vleesvarkenshouderij worden eveneens drie bedrijfsgroottes doorgerekend: 500, 1000 en 1500 vleesvarkensplaatsen. Verder is tevens een gesloten bedrijf doorgerekend met 150 zeugenplaatsen en 1000 vleesvarkensplaatsen.

3.4 Uitgangspunten invloedsfactoren

3.4.1 Algemeen

De stikstof die in de mest wordt uitgescheiden bestaat uit een deel minerale en een deel organische stikstof (respectievelijk N_{min} en N_{org}). In de literatuur zijn geen eenduidige cijfers te vinden omtrent het aandeel N_{min} in de totaal uitgescheiden N. Dit is ook afhankelijk van de mate van N-voorziening. Daarom is met het computermodel MESPRO van Aarnink & Van Ouwerkerk (1990) een aantal situaties voor vleesvarkens doorgerekend. MESPRO is een programma dat de mestproduktie van vleesvarkens berekent. Ook de uitgescheiden hoeveelheid totaal-stikstof en minerale stikstof worden berekend. Op basis van dit model is in de autonome situatie gerekend met een aandeel N_{min} van N_{tot} in de mest van vleesvar-

kens van 60%. Verondersteld is dat voor zeugen dit percentage ook op 60% ligt.

Tussen uitscheiden van de mest en het aanwenden ervan vindt emissie plaats. Aangezien alleen minerale N kan vervluchtigen, zal het aandeel hiervan in de mest dalen. De hoeveelheid organische stikstof zal hierdoor niet veranderen. Tijdens de opslag wordt een deel van de organische stikstof echter omgezet in minerale vorm. De door mineralisatie tijdens de opslag extra ontstane minerale stikstof is niet bekend en in de berekeningen op nul gesteld.

Het percentage jaarkosten van een investering bestaat uit drie delen: afschrijving, rentekosten en onderhoud. De rentekosten bedragen altijd 3,9%, dit is 7,8% over het gemiddeld geïnvesteerd vermogen (de helft van het investeringsbedrag) (KWIN-V, 1992). Het onderhoud is in de meeste gevallen op 1% gesteld (KWIN-V, 1992). Alleen bij mestschuif en spoelsysteem is het onderhoud op 3% van het investeringsbedrag gesteld. De rest van de jaarkosten bestaat uit de afschrijving. Deze is afhankelijk van de technische levensduur van het materiaal. Bijvoorbeeld: Betonroosters kosten ongeveer *f* 50,- per zeugenplaats, betonroosters met metalen deel ongeveer *f* 75,-. De extra investeringskosten bedragen dus *f* 25,- per aangepaste zeugenplaats. Dit rooster is alleen toepasbaar voor guste en dragende zeugen en dat betreft 79% van de zeugenplaatsen. Per zeugenplaats is dit dus *f* 19,75. De jaarkosten bedragen 12,9% van de investering: 3,9% rentekosten, 1% onderhoud en 8% afschrijving (dus in 12,5 jaar). Behalve de jaarkosten van de investering komen er extra kosten bij, in geval van spoelen en schuiven. Dit betreft elektriciteitskosten.

In de berekeningen is er vanuit gegaan dat aanpassingen op het hele bedrijf doorgevoerd worden. Mestschuiven bijvoorbeeld worden in ieder hok geïnstalleerd.

3.4.2 Voeding

Uitbreiding van het aantal voersoorten is één van de potentiële aanpassingen. Hieronder valt ook de multifasenvoeding. Een andere mogelijkheid is het verlagen van het eiwit-gehalte in het voer, mede met behulp van de toevoeging van synthetische aminozuren.

Uitgaande van de berekende autonome situatie in 2000 zijn vier niveaus van potentiële verlagingen in eiwitgehalte doorgerekend. De stijging van de voerkosten in 2000 als gevolg van verlaging van het ruw-eiwitgehalte is analoog aan de berekeningen van Schutte & Tamminga (1992). Hun berekeningen ten aanzien van enerzijds verlaging in N-excretie en anderzijds prijsverhoging sloten niet goed op elkaar aan. Daarom zijn door het IKC-Varkenshouderij nieuwe berekeningen gedaan. Hierbij is uitgegaan van marktprijzen van december 1992, waarbij de prijzen voor de granen tarwe, gerst en mais op 102 ECU (Groene ECU = *f* 2,68) per ton gesteld zijn in verband met de regelgeving door Mac Sharry. Dit betreft voor de genoemde granen een gemiddelde verlaging van 29,5%, die ook door-

berekend is voor de graanvervangers tapioca, maisgluten en tarwegries. In deze studie is verondersteld dat deze produkten net zo sterk in prijs zullen dalen als de eerdergenoemde granen, hoewel LEI-berekeningen aangeven dat hier verschillen kunnen optreden. De hoogte van de prijs en deze verschillen zullen zeer weinig effect hebben op de keuze van eiwitrijker of eiwitarmer voer. Het gaat vooral om de technische samenstelling van de voerders.

Voor de verlaging in ruw-eiwitgehalte in biggenvoer is slechts 80% van het voer ingerekend. Het stikstofgehalte van babybiggenkorrel (bbk) is als uitgangspunt genomen voor eiwitverlaging. Aangenomen wordt dat 80% van het verstrekte biggenvoer werkelijk bbk betreft. Voor de overige 20%, voornamelijk speenkorrel, is verondersteld dat het eiwitgehalte gelijk blijft.

De in de berekeningen gebruikte eiwitgehaltes in de voeders en de voerprijs zijn weergegeven in bijlage 4. Het betreft prijzen van het voor het voer benodigde pakket grondstoffen, af Rotterdam. Voor de voerprijs voor de varkenshouder moet hier nog zo'n *f* 6,- tot *f* 10,- per 100 kg voer bijgeteld worden voor de kosten van de fabrikant en transportkosten. Verondersteld is dat deze bijtelling onafhankelijk is van het stikstofgehalte. Verschillen tussen voerprijzen als gevolg van verandering in stikstofgehalte zullen een weergave zijn van de werkelijke verschillen (lees: stijging) in voerprijs.

In tabel 3.2 is een N-balans gegeven voor de autonome situatie in 2000 en voor vier voeraanpassingen. Deze voeraanpassingen zijn zodanig gekozen dat de N-opname en dus ook de N-excretie, een dalende lijn te zien geeft.

*Tabel 3.2 Stikstof-balans van zeugen *) en vleesvarkens (kg N per dierplaats per jaar) bij toenemende voeraanpassingen V1 t/m V4 **) ten opzichte van de autonome situatie in 2000*

Diersoort en balanssoorten	Voeraanpassing				
	Autonoom	V1	V2	V3	V4
Zeugen:					
N-opname	41,96	40,35	39,00	37,78	36,56
N-retentie	13,15	13,15	13,15	13,15	13,15
N-excretie	28,82	27,20	25,85	24,63	23,41
Vleesvarkens:					
N-opname	17,72	17,03	16,60	16,49	16,24
N-retentie	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
N-excretie	12,12	11,43	11,00	10,89	10,64

*) Inclusief biggen tot en met 25 kg en opfokzeugen; **) Voor eiwitgehalten in het voer van V1 t/m V4 zie bijlage 4.

Uit tabel 3.2 blijkt dat de stikstof-excretie ten opzichte van de autonome situatie nog flink omlaag kan. Met name bij zeugen geldt dit. De afname in stikstof-excretie en de hierbij behorende stijging in kosten als gevolg van een hogere voerprijs zijn vermeld in tabel 3.3.

Tabel 3.3 Verandering in stikstofexcretie (%) en voerkosten (gulden per dierplaats per jaar) als gevolg van voeraanpassingen V1 t/m V4 1) ten opzichte van de autonome situatie in 2000

Diersoort	Voeraanpassing			
	V1	V2	V3	V4
Zeugen:				
N-excretie	-5,6%	-10,3%	-14,5%	-18,8%
Voerkosten	+ *f* 5,46	+*f* 8,38	+*f* 11,54	+*f* 16,08
Vleesvarkens:				
N-excretie	-5,7%	-9,2%	-10,1%	-12,2%
Voerkosten	+*f* 0,27	+*f* 0,87	+*f* 2,06	+*f* 2,69

1) Zie voetnoot 2 bij tabel 3.2.

Uit tabel 3.3 blijkt dat de kosten voor vleesvarkens exponentieel toenemen met een lineaire afname van de excretie. Bij V4, de sterkste voeraanpassing, bedraagt de stijging in voerprijs zo'n *f* 0,95 per 100 kg voer bij de zeugen (inclusief biggen en opfokzeugen) en bij de vleesvarkens is dat circa *f* 0,45 per 100 kg voer. Bij de zeugen ligt dit duidelijk hoger, maar de daling in excretie gaat ook verder. De sterke stijging in kosten bij de zeugen wordt vooral veroorzaakt door een sterke stijging in prijs van het biggenvoer.

Analoog aan de berekeningen voor de autonome situatie is met het model MESPRO van Aarnink & Van Ouwerkerk (1990) voor de voeraanpassingen bij vleesvarkens berekend wat het aandeel minerale van totaal uitgescheiden stikstof in de mest is. Voor de aanpassingen V1 en V2 is het aandeel N_{min} van N_{tot} berekend op 60%, terwijl dit bij V3 en V4 op 55% neerkomt.

Vanwege de overzichtelijkheid wordt in de berekeningen gebruik gemaakt van slechts twee voeraanpassingen, matige en sterke voeraanpassingen. Dit betreft voor de zeugen V2 en V4. Bij deze opties is er, vergeleken met de stijging in voerkosten, een relatief sterke daling in stikstofexcretie. Voor vleesvarkens is voor de matige aanpassing ook V2 gebruikt. Voor V3 en V4 is reeds verondersteld dat het N_{min}-gehalte van de totale N daalt. De ammoniakemissie zal in deze berekeningen tussen V2 en V3 een extra daling vertonen. Daarom is voor de sterke voeraanpassing bij de

vleesvarkens V3 gebruikt. De voerprijsstijging bedraagt bij V3 circa *f* 0,30 per 100 kg voer.

Bij gebruik van meerdere voersoorten zijn meerdere silo's noodzakelijk. Voor het kleinste bedrijfstype (100 zeugen- of 500 vleesvarkensplaatsen) is verondersteld dat een extra silo aangeschaft moet worden. De investering hiervoor bedraagt bij de zeugen *f* 4.000,- en bij de vleesvarkens *f* 4.600,-. De jaarkosten bedragen 11,6%, dat is respectievelijk *f* 464,- voor de zeugen en *f* 534,- voor de vleesvarkens. Voor de grotere bedrijven zijn de aanwezige silo's voldoende om een extra voersoort op te vangen.

Ook een aangepaste of extra voerkar is nodig. De investering hiervoor bedraagt *f* 750,- en de jaarkosten bedragen 13,1% (*f* 100,-). Een investering voor een voerkar is niet nodig voor bedrijven die automatisch voeren, dat is in deze berekeningen het grootste bedrijfstype. Voor deze bedrijven zal het voermengsysteem niet of nauwelijks duurder zijn indien het geschikt is voor meerdere voersoorten of multifasenvoedering.

Het gesloten bedrijf krijgt twee voerkarren en één silo extra (voor de zeugen).

3.4.3 Stalaanpassingen

De stalemissie is in de berekeningen gesteld op 30% van de minerale stikstof. Dit komt overeen met 18% stalemissie van totaal-stikstof (zie Baltussen et al., 1990) bij 60% N_{min} van N_{tot}.

De oppervlakte aan mestkelder per zeugenplaats bedraagt circa 1,65 m^2; dit is inclusief opfokzeugen en biggen tot 25 kg. Per vleesvarkensplaats is de oppervlakte roostervloer 0,35 m^2; er wordt uitgegaan van halfroostervloer. Er is uitgegaan van kosten bij nieuwbouw. Dit is in die zin van belang dat de emissiebeperkende technieken in de stallen bij nieuwbouw goed geïntegreerd kunnen worden, terwijl bij renovatie van bestaande stallen wellicht extra kosten gemaakt moeten worden om de aanpassingen te realiseren.

Stalaanpassingen zijn onder te verdelen in kleine, relatief goedkope aanpassingen om de roosteremissie te beperken en grote, relatief dure oplossingen ter beperking van de kelderemissie. Bij de grote stalaanpassingen is verondersteld dat het spoelsysteem en de mestpan worden gecombineerd met riolering en een ondiepe kelder. De mestschuif wordt eveneens gecombineerd met een ondiepe kelder, terwijl van de huidige investeringskosten *f* 100.- per m^2 aan ontwikkelingskosten is afgetrokken. De lagere kosten van een ondiepe kelder ten opzichte van een diepe kelder zijn ingecalculeerd. De investeringsbedragen en jaarkosten van de verschillende grote en kleine stalaanpassingen staan vermeld in bijlage 7.

Bij grote stalaanpassingen wordt de mest niet in de stal, maar in een mestsilo opgeslagen. Voor 2000 is gerekend met een mestproduktie van 0,9/m^3 per vleesvarkensplaats per jaar en van 4,3/m^3 per zeugenplaats per jaar. De extra kosten hiervan moeten dus eveneens toegerekend worden. Een mestopslag blijft het hele

jaar emitteren, ook als er mest uit gehaald is. Er wordt namelijk telkens nieuwe mest ingepompt. Voor het gesloten bedrijf is verondersteld dat de mest van vleesvarkens en zeugen in dezelfde mestopslag worden bewaard. Bij kleine stalaanpassingen wordt verondersteld dat een diepe mestkelder voldoende ruimte biedt voor opslag gedurende een jaar. De ammoniakemissie uit een open mestopslag is gesteld op 20% van de minerale N per jaar. Dit komt neer op ongeveer 350 mg NH_3-emissie per m^2 per uur, gemiddeld over het hele jaar. Bij afdekken van de mestopslag bedraagt de emissiereductie 90%.

Als kleine stalaanpassing is gerekend met een betonrooster met metalen deel voor guste en dragende zeugen. De extra investeringskosten bedragen *f* 20,- per zeugenplaats en de jaarkosten zo'n *f* 2,50 per zeugenplaats per jaar. Voor vleesvarkens is uitgegaan van metalen roosters in plaats van beton, gecombineerd met een roosterspleet. De extra investering bedraagt *f* 35,- per vleesvarkensplaats en de jaarkosten ongeveer *f* 5,50 per plaats per jaar. Deze kosten gelden ook voor het gesloten bedrijf.

In tabel 3.4 is een overzicht gegeven van de hoogte van de benodigde investeringen bij grote stalaanpassingen.

*Tabel 3.4 Investeringen van stalaanpassingen (in guldens per dierplaats) voor verschillende bedrijfstypen *) bij gemiddelde bedrijfsgrootte*

Stalaanpassing	Zeugen	Vlees-varkens	Gesloten bedrijf	
			zeugen	vleesvarkens
Mestpan	553	92	377	58
Mestschuif	478	101	302	56
Spoelsysteem	1318	247	1197	193

*) Het zeugenbedrijf heeft 200 zeugenplaatsen, het vleesvarkensbedrijf heeft 1000 vleesvarkensplaatsen en het gesloten bedrijf heeft 150 zeugen- en 1000 vleesvarkensplaatsen.
N.B.: Extra investeringen ten aanzien van mestopslag en rioleringssysteem zijn meegenomen.

Uit tabel 3.4 blijkt dat er grote verschillen bestaan in investeringen voor grote stalaanpassingen. Aangezien er verschillen zijn in percentage onderhoudskosten en afschrijving zijn in tabel 3.5 de jaarkosten van de eerdergenoemde systemen weergegeven.

In bijlage 7 is een overzicht gegeven van investeringen en jaarkosten voor alle bedrijven.

Tabel 3.5 Jaarkosten van grote stalaanpassingen (in guldens per dierplaats per jaar) voor verschillende bedrijfstypen bij gemiddelde bedrijfsgrootte

Stalaanpassing	Zeugen	Vlees-varkens	Gesloten bedrijf	
			zeugen	vleesvarkens
Mestpan	92	17	68	12
Mestschuif	111	23	85	17
Spoelsysteem	212	45	196	38

N.B.: Extra investeringen ten aanzien van mestopslag en rioleringssysteem zijn meegenomen.

Uit tabel 3.5 blijkt dat er enorme verschillen bestaan in jaarlijkse kosten van de verschillende systemen. Met name de kosten van het spoelsysteem zijn twee tot drie keer zo hoog als de kosten van de mestpan. De reductie van de ammoniakemissie is wel hoger. De kosten van mestschuiven liggen tussen deze beide systemen in. Bij het vergelijken van tabel 3.4 en 3.5 blijkt dat qua investering de mestschuif gunstiger is, maar qua jaarkosten is dit niet het geval.

Ten behoeve van de berekeningen wordt uitgegaan van twee vormen van stalaanpassingen:

- de eerder genoemde kleine, relatief goedkope aanpassingen om de roosteremissie te beperken. Bij de zeugen betreft dit voor de guste en dragende zeugen een betonnen rooster met metalen deel. bij de vleesvarkens gaat het om metalen roosters en een roosterspleet. De reductie van de emissie uit de stal bij de kleine stalaanpassingen bedraagt respectievelijk 15% voor zeugen (inclusief biggen en opfokzeugen) en 25% voor vleesvarkens ten opzichte van de situatie zonder aanpassingen.
- voor de grote stalaanpassingen is gerekend met de emissiereductie en de kosten van de mestschuif, omdat dit systeem een relatief goede reductie bereikt, in vergelijking met de kosten; bij de grote stalaanpassing wordt de emissie uit de stal beperkt met respectievelijk 65% voor zeugen (inclusief biggen en opfokzeugen) en 50% voor vleesvarkens ten opzichte van de situatie zonder aanpassingen.

3.4.4 Luchtzuivering

Ten aanzien van kosten en emissiereductie van luchtzuivering zijn nog veel onzekerheden. In de berekeningen is uitgegaan van een biowasser. Er worden emissiereducties genoemd voor goed-werkende systemen van 70% en hoger. De emissiereductie is in de berekeningen gesteld op 80% ten opzichte van de situatie zonder luchtzuivering. Gebaseerd op Van de Sande-Schellekens & Backus

(1993) zijn de volgende additionele jaarkosten verondersteld, bij jaarrond opslagcapaciteit van mest en spuiwater.

Installatie	ƒ	50,--
Opslag spuiwater	ƒ	19,94
Afvoer	ƒ	25,75 +

Totaal (afgerond)	ƒ	100,-- per vleesvarkensplaats per jaar.

De kosten van afvoer zijn gebaseerd op afzet via de mestbank.

Van de kosten voor zeugen is weinig bekend. Baltussen et al. (1990) zijn uitgegaan van de capaciteit en kosten van één systeem, waarbij gerekend is met een omrekeningsverhouding ten aanzien van de ventilatiebehoefte tussen vleesvarkens en zeugen (inclusief biggen en opfokzeugen) van 0,346. Voor de zeugen betekent dit dat de jaarkosten (afgerond) ƒ 300,- per zeugenplaats bedragen.

3.4.5 Mestaanwending

Emissie bij opslag en uitrijden wordt aan het varkensbedrijf, waar de mest geproduceerd wordt, toegerekend. De kosten van aanpassingen om deze emissie te beperken, zal uiteindelijk (via hogere mestafzetkosten) door de varkenshouder betaald worden.

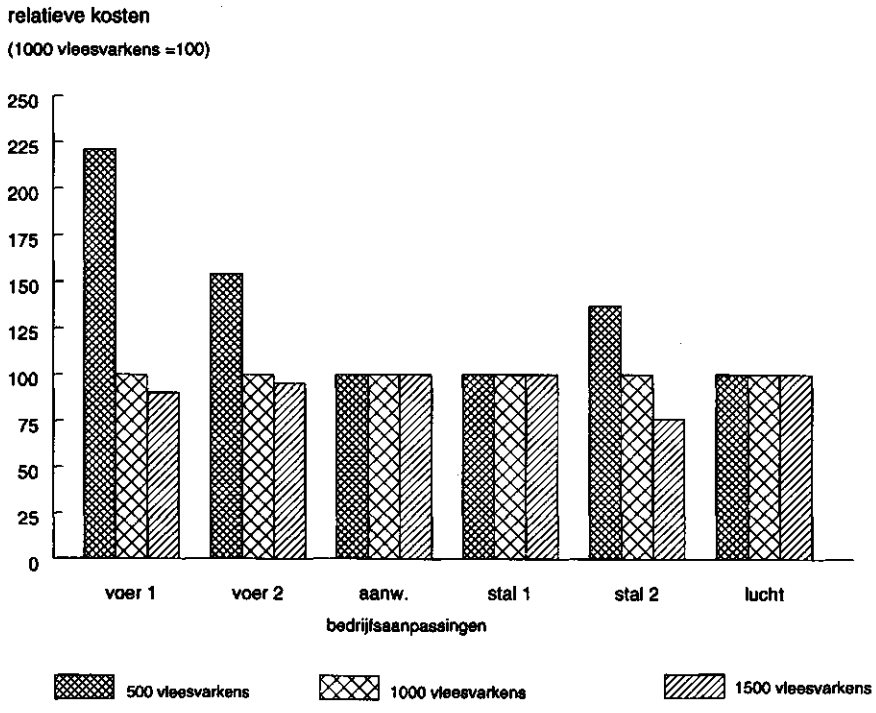
In de uitgangssituatie wordt, zoals eerder genoemd, uitgegaan van oppervlakkige aanwending. Hierbij vervluchtigt 50% van de minerale N. Voor de emissie-arme aanwendingstechniek wordt gerekend met een emissiereductie van 80% en de netto extra kosten bedragen ƒ 3,25 per m^3 ten opzichte van oppervlakkig aanwenden. Deze bedragen horen bij zodebemesting, dit is een techniek die op de meeste gronden en gedurende een vrij lange periode in het seizoen, inzetbaar is.

Bij de mestaanwending is ervan uitgegaan dat de mest niet in eigen mechanisatie wordt aangewend, maar door de loonwerker, hetzij op eigen land of na afzet via de mestbank. Er is daarom gerekend met loonwerktarieven. Deze tarieven zijn berekend bij een gemiddelde tankgrootte, op een gemiddeld perceel enz. De tarieven kunnen in de praktijk nogal afwijken van de hier genoemde.

Bij emissie-arme aanwending zal er meer N in de bodem beschikbaar zijn. Hierdoor hoeft minder kunstmest-N gestrooid te worden. Het voordeel hiervan is in de berekeningen niet meegenomen, omdat de N-benutting onder andere ook afhankelijk is van tijdstip van aanwenden van de dierlijke mest.

3.4.6 Invloed bedrijfsomvang op de kosten

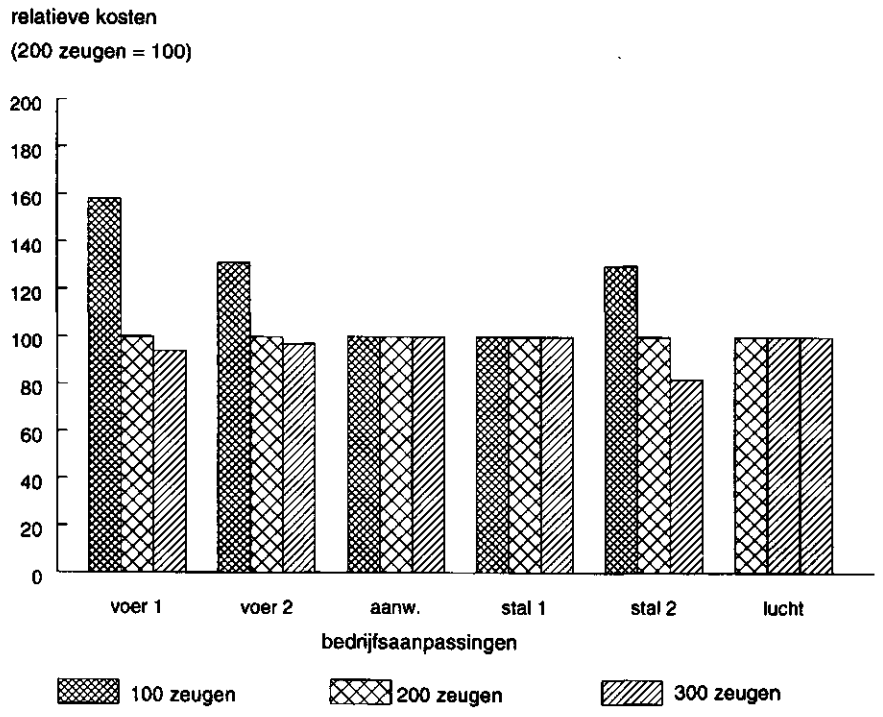
In de figuren 3.1 en 3.2 is de variatie in kosten per dierplaats per jaar, als gevolg van verschillen in bedrijfsomvang, gegeven.



Figuur 3.1 Relatieve kosten per dierplaats van verschillende bedrijfsaanpassingen voor vleesvarkens
N.B.: De kosten voor het bedrijf met 1000 vleesvarkensplaatsen zijn op 100 gesteld. Voer 1 en Voer 2 zijn respectievelijk matige en sterke voeraanpassingen, Aanw. is emissie-arme mestaanwending, Stal 1 en Stal 2 zijn respectievelijk kleine en grote stalaanpassingen en Lucht betekent luchtzuivering.

Uit figuur 3.1 blijkt dat bij een bedrijfsgrootte vanaf 1000 vleesvarkensplaatsen de kosten van de voeraanpassingen nauwelijks meer afnemen. Bij de grote stalaanpassingen dalen de kosten per dierplaats nog wel substantieel tussen een bedrijfsomvang van 1000 en 1500 plaatsen. Kleine stalaanpassingen, emissie-arme mestaanwending en luchtzuivering vertonen geen variatie in kosten per dierplaats per jaar.

Evenals bij vleesvarkens blijkt uit figuur 3.2 voor de zeugen dat bij de voeraanpassingen de kosten nauwelijks meer afnemen, bij een bedrijfsgrootte vanaf 200 zeugenplaatsen. Bij de grote stalaanpassingen dalen de kosten per dierplaats nog substantieel tussen een bedrijfsomvang van 200 en 300 zeugenplaatsen. Kleine stalaanpassingen, emissie-arme mestaanwending en luchtzuivering vertonen, evenals bij de vleesvarkens, geen variatie in relatieve kosten per dierplaats per jaar.



Figuur 3.2 Relatieve kosten per dierplaats van verschillende bedrijfsaanpassingen voor zeugen
N.B.: De kosten voor het bedrijf met 200 zeugenplaatsen zijn op 100 gesteld. Voer 1 en Voer 2 zijn respectievelijk matige en sterke voeraanpassingen, Aanw. is emissie-arme mestaanwending, Stal 1 en Stal 2 zijn respectievelijk kleine en grote stalaanpassingen en Lucht betekent luchtzuivering.

3.4.7 Centrale mestverwerking

Centrale mestverwerking is in de eerste plaats bedoeld om het mineralenprobleem op te lossen. Door mest centraal te verwerken, vindt er echter ook geen aanwendingsemissie meer plaats. Er treedt dan alleen nog stalemissie en eventueel een klein beetje opslagemissie op.

In eerste instantie is er in dit onderzoek mee gerekend dat alle mest afgezet wordt. In deze paragraaf wordt gerekend met centrale verwerking van vleesvarkensmest.

Verondersteld is dat de helft van de vleesvarkensmest centraal verwerkt wordt. De andere helft van de vleesvarkensmest en de zeugenmest moeten afgezet worden. Deze aanname is gebaseerd op de TNO/Heidemij-studie (1992) naar de mestoverschottenproblematiek in Nederland.

Er wordt gerekend met een opslagbehoefte van de te verwerken mest van circa twee weken (2 van 52 weken = afgerond 4% van de jaarcapaciteit voor deze mest). Voor de overige mest blijft opslag voor een jaar nodig. Er is gerekend met *f* 40,= verwerkingskosten per m^3 mest. Hierop moeten de aanwendingskosten à 3,75/m^3 (oppervlakkige aanwending) in mindering gebracht worden. De kosten van eventuele mestopslag in een silo dalen. Aangezien de behoefte aan mestopslag halveert, is verondersteld dat er op de vleesvarkensbedrijven een mestzak wordt toegepast in plaats van een mestsilo. Er zijn daarom geen afdekkingskosten. Voor het gesloten bedrijf is ook verondersteld dat de helft van de vleesvarkensmest verwerkt wordt. De mest die niet verwerkt wordt, komt bij de zeugenmest in een mestopslag. De kosten van mestsilo en -afdekking zijn vermeld in bijlage 7.

Er is een besparing op jaarkosten voor mestopslag, indien de helft van de mest centraal verwerkt wordt. Het voordeel is het grootst bij het kleinste bedrijf en neemt af van *f* 9,- tot *f* 3,- per vleesvarkensplaats per jaar. Dit grote verschil komt doordat in de uitgangssituatie sprake is van een mestsilo die juist voor kleine bedrijven relatief duur is. Op het gesloten bedrijf wordt de mestopslag per saldo goedkoper, de kosten per vleesvarkensplaats nemen af, maar per zeugenplaats nemen ze toe.

3.5 Rekenmodel ammoniakemissie

Bij het berekenen van de emissies is het traject gevolgd dat door de stikstof doorlopen wordt, van voer tot aanwenden op het land, of tussentijds ontsnappen als ammoniak. Hiertoe is een computerprogramma gemaakt waarin het traject is gegeven en waarin emissiecoëfficiënten en emissiereductiecoëfficiënten zijn in te voeren. Een emissiecoëfficiënt is het deel van de (aanwezige, minerale) stikstof dat vervluchtigt als NH_3. De coëfficiënten zijn cijfers tussen 0 en 1 en worden berekend als percentage gedeeld door 100. Een overzicht van de in het model in te geven coëfficiënten is gegeven in bijlage 5.

Berekend wordt de ammoniakemissie in kg per dierplaats per jaar op de verschillende emissieplaatsen (stal, mestsilo, aanwenden). Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor de autonome situatie in 2000 en bij verschillende aanpassingen en combinaties van aanpassingen ("pakketten"). Ook is telkens de vermindering in totale emissie berekend ten opzichte van de autonome situatie. Het rekenmodel staat in figuur 3.3.

$$S = (X * (1 - r_v)) * m * s * (1 - r_s)$$
$$L = S * r_l$$
$$O = (((X * (1-r_v)) * m) - S) * (1 - (0,96 * c)) * o * (1 - r_o)$$
$$A = (((X * (1-r_v)) * m) - S - O)) * (1 - c) * a * (1 - r_a)$$
$$E = S - L + O + A$$

Figuur 3.3 Rekenmodel ammoniakemissie

In figuur 3.3 zijn de volgende afkortingen gebruikt:

X: N-excretie in uitgangssituatie (kg N/dierplaats/jaar)
S: Stalemissie (kg N/dierplaats/jaar)
L: Bij luchtzuivering weggevangen geëmitteerde ammoniak (kg N/dierplaats/jaar)
O: Opslagemissie (kg N/dierplaats/jaar)
A: Aanwendingsemissie (kg N/dierplaats/jaar)
E: Ammoniakemissie (kg N/dierplaats/jaar)
m: N_{min}/N_{tot} (%/100)
s: stalemissiecoëfficiënt (%/100 van N_{min})
c: deel van de mest dat centraal verwerkt wordt (%/100)
b: opslagbehoefte (1 - (0,96 * c))
o: opslagemissiecoëfficiënt (%/100 van resterende N_{min})
a: aanwendingsemissiecoëfficiënt (%/100 van resterende N_{min})
r_v: excretiereductiecoëfficiënt bij voeraanpassing (%/100)
r_s: emissiereductiecoëfficiënt bij stalaanpassingen behalve lucht-zuivering (%/100)
r_l: emissiereductiecoëfficiënt bij luchtzuivering (%/100)
r_o: emissiereductiecoëfficiënt bij afdekken van de mestopslag (%/100)
r_a: emissiereductiecoëfficiënt bij mestaanwending (%/100)

4. RESULTATEN

4.1 Reductie per dierplaats

4.1.1 Emissiereductie

In tabel 4.1 worden stikstof-excretie en ammoniakemissie per dierplaats vermeld voor 1980, 1990 en 2000 in de autonome situatie.

Tabel 4.1 Stikstof-excretie en ammoniakemissie (kg N per dierplaats per jaar) voor 1980 en 1990 en voor 2000 in de autonome situatie (zonder ammoniakemissie - beperkende maatregelen)

Excretie en emissie/ diersoort	1980	1990	2000
Zeugen			
Stikstof-excretie	32,22	31,50	28,82
Ammoniakemissie	12,57	12,28	11,24
w.v.: stalemissie	5,80	5,67	5,19
opslagemissie	0	0	0
aanwendingsemissie	6,77	6,61	6,05
Vleesvarkens			
Stikstof-excretie	12,89	12,48	12,12
Ammoniakemissie	5,03	4,87	4,73
w.v.: stalemissie	2,32	2,25	2,18
opslagemissie	0	0	0
aanwendingsemissie	2,71	2,62	2,55

Uit tabel 4.1 blijkt dat de ammoniakemissie (in kg stikstof per dierplaats per jaar) daalt. Deze daling wordt veroorzaakt door de lagere stikstofexcretie per dierplaats. Tot 1990 gaat de daling in emissie voor zeugen en vleesvarkens ongeveer gelijk op (2 à 3%). Voor het jaar 2000 is de berekende daling bij de zeugen duidelijk sterker (minus bijna 11%) dan bij de vleesvarkens (6%).

Als gevolg van emissiebeperkende maatregelen neemt de ammoniakuitstoot op een varkensbedrijf af. De gegeven reductiepercentages in het onderzoek zijn berekend met behulp van het rekenmodel in figuur 3.3; de gebruikte coëfficiënten zijn weergegeven in bijlage 5. In tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de totale emissie per dierplaats op zeugenbedrijven bij verschillende maatregelen, indien deze als enige maatregel worden toegepast. Ook

zijn hierbij de kosten van de maatregelen vermeld per dierplaats en per kg N-emissiedaling voor het bedrijf met 200 plaatsen. In bijlage 6 is een uitgebreid overzicht gegeven van de kosten en emissiereducties van de verschillende enkelvoudige maatregelen en combinaties hiervan.

Tabel 4.2 Emissiereductie (%), jaarkosten (gulden per dierplaats per jaar) en kosten per kg emissiereductie (gulden per kg N) voor bedrijfsaanpassingen op een zeugenbedrijf met 200 zeugenplaatsen, ten opzichte van de autonome situatie in 2000 zonder maatregelen

Aanpassingen	Reductie (%)	Extra kosten	Extra kosten per kg reductie
Voer - matig	10	8,88	7,66
- sterk	19	16,58	7,86
Mestaanwending	43	13,98	2,89
Stal - klein	3	2,55	6,53
- groot	14	110,79	72,41
Luchtzuivering	37	300,00	72,29

Uit tabel 4.2 blijkt dat er een enorme variatie is in kosten per kg emissiereductie over verschillende emissiebeperkende maatregelen. De goedkoopste methode is emissie-arme mestaanwending. Kleine stalaanpassingen en voeraanpassingen komen vervolgens aan bod en echt dure methoden zijn grote stalaanpassingen en luchtzuivering.

Voor vleesvarkens is in tabel 4.3 hetzelfde overzicht weergegeven als voor zeugen in tabel 4.2. De kosten hebben betrekking op het bedrijf met 1000 vleesvarkensplaatsen.

Tabel 4.3 Emissiereductie (%), jaarkosten (gulden per dierplaats per jaar) en kosten per kg emissiereductie (gulden per kg N) voor bedrijfsaanpassingen op een vleesvarkensbedrijf met 1000 vleesvarkensplaatsen, ten opzichte van de autonome situatie in 2000 zonder maatregelen

Aanpassingen	Reductie (%)	Extra kosten	Extra kosten per kg reductie
Voer - matig	9	0,97	2,20
- sterk	18	2,16	2,57
Mestaanwending	43	2,93	1,43
Stal - klein	6	5,48	20,29
- groot	10	23,43	47,82
Luchtzuivering	37	100,00	57,14

Uit tabel 4.3 blijkt dat de emissie-arme mestaanwending de methode is die per kg emissiereductie het minst kost. Ook relatief goedkoop zijn voeraanpassingen. Kleine stalaanpassingen zijn redelijk duur, terwijl grote stalaanpassingen en luchtzuivering zeer duur zijn.

Bij vergelijking van de kosten per kg emissiereductie tussen zeugen en vleesvarkens blijkt dat de kosten van aanpassingen bij vleesvarkens, over het geheel genomen, structureel lager liggen. Gerelateerd aan het saldo (*f* 130,- per vleesvarkensplaats, *f* 870,- per zeugenplaats (Thus et al., 1990)) zijn de maatregelen bij vleesvarkens duurder.

Verder volgt uit tabel 4.3 dat ook bij vleesvarkens de emissie-arme mestaanwending de goedkoopste methode is om de ammoniakemissie op het bedrijf te beperken. Grote stalaanpassingen zijn per kg emissiereductie zo duur mede omdat de emissiereductie gering is. De in de stal zorgvuldig gespaarde N emitteert ten dele alsnog bij aanwenden. Om effectief te zijn moeten stalaanpassingen daarom altijd gecombineerd worden met emissie-arme aanwending.

Behalve dat mestaanwending de methode is die het goedkoopste is per kg emissiereductie, is het tevens de techniek die het hoogste reductiepercentage oplevert, indien ze als enige techniek zou worden ingezet. Combineren van maatregelen is noodzakelijk om effectief de emissie te beperken en om een hoog reductiepercentage te bereiken. De doorgerekende pakketten van maatregelen, met oplopende emissiereductie, staan in figuur 4.1. De pakketten zijn zowel voor zeugen als voor vleesvarkens doorgerekend.

Maatregel	Pakket			
	a	b	c	d
Mestaanwending	x	x	x	x
Voer - matig		x		
- sterk	x		x	
Stal - klein		x	x	x
- groot				x

Figuur 4.1 Pakketten van maatregelen ter beperking van de ammoniakemissie

In de pakketten is steeds emissie-arme mestaanwending opgenomen. Tussen de pakketten a t/m c is variatie ten aanzien van voer- en kleine stalaanpassingen. Pakket c is de variant met maximale emissiebeperking zonder grote stalaanpassingen. Pakket d is een variant met grote stalaanpassingen. In tabel 4.4 is een overzicht gegeven van de emissiereducties die bij de vier ge-

noemde pakketten behaald worden. Het totale overzicht van berekende pakketten is gegeven in bijlage 6.

Tabel 4.4 Emissiereductie (% ten opzichte van de autonome situatie in 2000) bij vier pakketten van emissiebeperkende maatregelen voor zeugen en vleesvarkens

Diersoort	Pakketten			
	a	b	c	d
Zeugen	54	55	59	74
Vleesvarkens	53	58	62	72

1) Zie voor samenstelling van de pakketten: figuur 4.1.

De totale reductie in pakket a is lager dan de som van de reducties van de afzonderlijke maatregelen. (Voorbeeld voor het zeugenbedrijf: mestaanwending haalt 43%, sterke voeraanpassingen haalt 19%, opgeteld is dat 62%. Als de maatregelen worden gecombineerd bedraagt de uiteindelijke reductie 54%.) De reden hiervoor is dat bij emissie-arm aanwenden voeraanpassing slechts invloed heeft op de resterende emissie. Daarom is de uiteindelijke reductie lager dan de som van de afzonderlijke reducties. Het omgekeerde effect wordt gevonden bij pakket d. De uiteindelijke reductie is hoger dan de som van de afzonderlijke effecten. Bij emissie-arm mestaanwenden in het juiste seizoen wordt de in de stal gespaarde stikstof ook werkelijk aangewend in de bodem. De invloed van stalaanpassingen komen hierbij beter tot zijn recht. Bij pakket b heffen de beide eerdergenoemde effecten elkaar op, de som van de afzonderlijke effecten is ongeveer even hoog als de uiteindelijke emissiereductie terwijl in pakket c de totale reductie ook lager is dan de som van de afzonderlijke effecten. Een combinatie van luchtzuivering en emissie-arme mestaanwending geeft, in tegenstelling tot bijvoorbeeld combinatie d, geen versterkend effect. Dit komt omdat de bij luchtzuivering weggevangen stikstof niet meer alsnog kan emitteren bij aanwending van de mest.

De kosten van de pakketten van emissiebeperkende maatregelen voor de bedrijven met respectievelijk 200 zeugenplaatsen en 1000 vleesvarkensplaatsen zijn weergegeven in tabel 4.5.

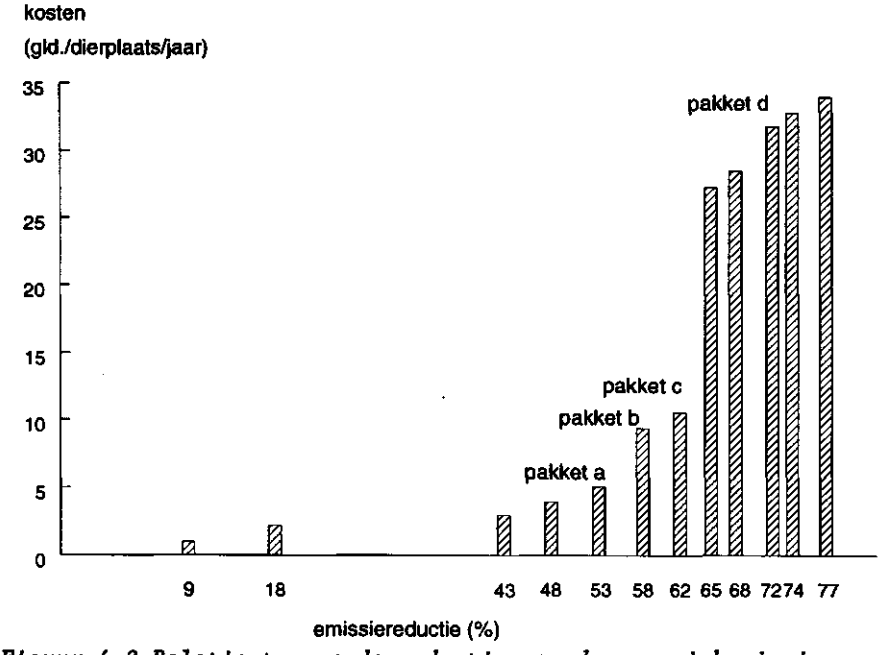
Uit tabel 4.5 blijkt dat de kosten toenemen bij pakketten met hogere reductiepercentages. Hierop is een uitzondering bij de zeugen, pakket b is iets goedkoper, terwijl het reductiepercentage niet lager is dan dat bij pakket a.

*Tabel 4.5 Extra kosten van vier pakketten *) van emissiebeperkende maatregelen voor zeugen en vleesvarkens (gulden per dierplaats per jaar)*

Diersoort	Pakketten			
	a	b	c	d
Zeugen	31	25	33	127
Vleesvarkens	5	9	11	32

*) De samenstelling van de pakketten is weergegeven in figuur 4.1

Ter illustratie is figuur 4.2 gegeven, waarin van een aantal enkelvoudige maatregelen en pakketten van maatregelen in de vleesvarkenshouderij de emissiereductie uitgezet is tegen de kosten. Uitgegaan is van de kosten voor het bedrijf met 1000 vleesvarkensplaatsen.



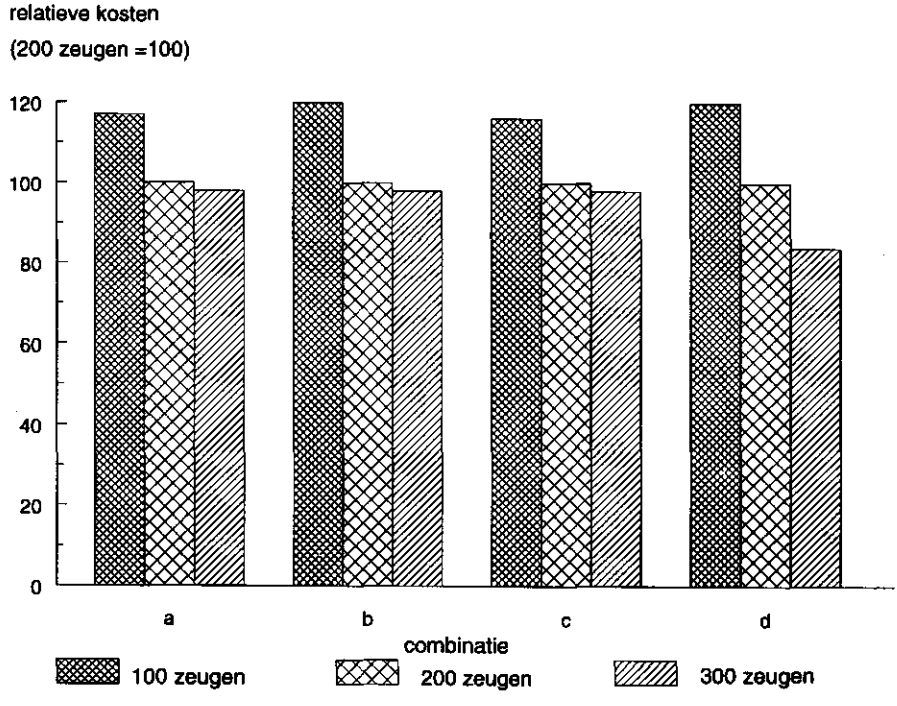
Figuur 4.2 Relatie tussen de reductie van de ammoniakemissie (% ten opzichte van het emissieniveau in 2000 in de autonome situatie) en de totale extra kosten (in guldens per dierplaats per jaar) van enkele maatregelen en pakketten van maatregelen voor een vleesvarkensbedrijf met 1000 dierplaatsen

N.B.: De niet benoemde maatregelen zijn terug te vinden in bijlage 6.

Uit figuur 4.2 blijkt dat de kosten exponentieel toenemen met een lineaire toename van de emissiereductie. Bij een stijging van het reductiepercentage wordt een breekpunt gevonden in de kosten, zodra grote stalaanpassingen geïntroduceerd worden. Om de ammoniakemissie per dierplaats met 70% te reduceren, blijkt het bij de gehanteerde uitgangspunten noodzakelijk grote stalaanpassingen toe te passen. Voor de zeugenhouderij geldt hetzelfde. Met luchtzuivering is een emissiereductie van 80% haalbaar, maar de kosten nemen zeer sterk toe. Luchtzuivering is in deze figuur niet weergegeven, de kosten bedragen *f* 100,- per vleesvarkensplaats per jaar.

4.1.2 Invloed bedrijfsomvang

Zoals reeds bij de uitgangspunten in hoofdstuk 3 is aangegeven, is de bedrijfsomvang vooral van invloed op de kosten per dierplaats. Dit wordt veroorzaakt doordat investeringen vaak voor een deel bestaan uit een vast bedrag per bedrijf.



Figuur 4.3 Relatieve kosten per zeugenplaats per jaar van pakketten van emissiebeperkende maatregelen op zeugenbedrijven

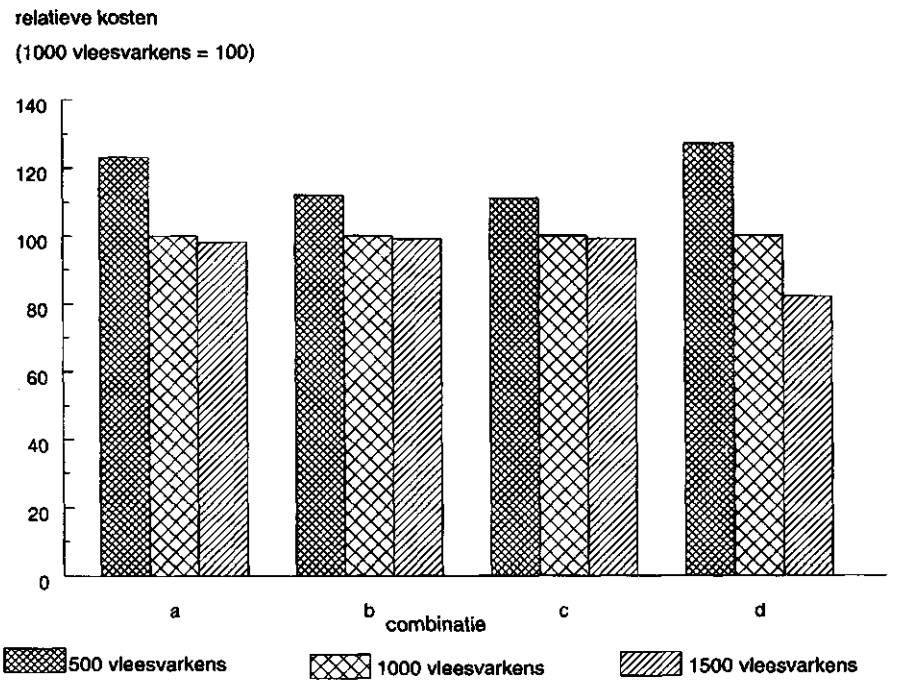
N.B.: Voor de pakketten: zie figuur 4.1. De kosten voor het bedrijf met 200 zeugenplaatsen zijn op 100 gesteld.

In figuren 4.3 en 4.4 zijn de relatieve kosten van de verschillende pakketten van bedrijfsaanpassingen ten opzichte van een bedrijf met 200 zeugen weergegeven.

Uit figuur 4.3 volgt dat de kosten per dierplaats per jaar tussen het kleinste bedrijf en het middelgrote bedrijf duidelijk verschillen. Tussen het middelgrote bedrijf en het grote bedrijf verschillen de kosten alleen wezenlijk voor pakket d, met grote stalaanpassingen.

Op dezelfde manier als bij zeugen in figuur 4.3 zijn voor vleesvarkens de relatieve kosten weergegeven in figuur 4.4.

Evenals bij zeugen in figuur 4.3 blijkt uit figuur 4.4 dat de kosten per dierplaats per jaar tussen het kleinste bedrijf en het middelgrote bedrijf duidelijk verschillen. Tussen het middelgrote bedrijf en het grote bedrijf verschillen de kosten per dierplaats alleen wezenlijk voor pakket d, met grote stalaanpassingen. Dit wordt veroorzaakt doordat de kosten van grote stalaanpassingen nog wel afnemen bij toenemende bedrijfsgrootte boven middelgrote bedrijven (200 zeugenplaatsen/1000 vleesvarkensplaatsen). Dit blijkt ook al bij de afzonderlijke maatregelen (zie paragraaf 3.4.6).



Figuur 4.4 Relatieve kosten per vleesvarkensplaats per jaar van pakketten van emissiebeperkende maatregelen op vleesvarkensbedrijven

N.B.: Voor de pakketten: zie figuur 4.1. De kosten voor het bedrijf met 200 zeugenplaatsen zijn op 100 gesteld.

De kosten op het gesloten bedrijf liggen in de lijn der verwachting. Door schaalgrootte zijn de kosten per dierplaats iets lager dan bij de overeenkomstige bedrijfsgrootte in de afzonderlijke sectoren.

4.1.3 Invloed centrale mestverwerking

In de voorgaande berekeningen is er van uitgegaan dat alle mest opgeslagen en aangewend wordt. In deze paragraaf wordt ingegaan op de invloed van centrale mestverwerking op de ammoniakemissie en de kosten op de bedrijven.

Indien de helft van de mest van vleesvarkens naar centrale mestverwerking gaat, daalt de ammoniakemissie per dierplaats, zonder verdere maatregelen, met 27%. Dit wordt veroorzaakt doordat er geen (opslag- en) aanwendingsemissie plaatsvindt. De extra kosten om de helft van de mest centraal te verwerken bedragen, onafhankelijk van de bedrijfsgrootte ruim *f* 16,- per vleesvarkensplaats per jaar. Per kg N emissiereductie kost dat bijna *f* 13,-. Dit is duurder dan voeraanpassingen en emissie-arme mestaanwending, maar goedkoper dan kleine stalaanpassingen en duidelijk goedkoper dan grote stalaanpassingen.

In tabel 4.6 is een overzicht gegeven van emissiereductiepercentages van de reeds eerder genoemde pakketten van aanpassingen bij al of niet centrale mestverwerking.

Tabel 4.6 Emissiereductie (%) op vleesvarkensbedrijven van pakketten van maatregelen zonder en met centrale verwerking van de helft van de vleesvarkensmest ten opzichte van de situatie in 2000 zonder emissiebeperkende maatregelen

	Pakket *)			
	a	b	c	d
Geen centrale mestverwerking	53	58	62	72
Centrale mestverwerking	58	63	67	80

*) Voor de pakketten: zie figuur 4.1.

Uit tabel 4.6 volgt dat door centrale verwerking van de helft van de vleesvarkensmest de emissiereductie van enkele pakketten van maatregelen een absolute stijging van 5 tot 8 procenteenheden te zien geeft. De totale kosten om de emissiereductie van deze pakketten te behalen bedragen respectievelijk *f* 20,-, *f* 24,-, *f* 25,- en *f* 42,- (afgeronde bedragen bij 1000 vleesvarkensplaatsen). Dit betekent een toename van respectievelijk

ƒ 15,- per vleesvarkensplaats per jaar voor de pakketten a, b en c en van ƒ 10,- voor pakket d. De kostentoename is hier lager, omdat de mestopslag, die bij grote stalaanpassingen nodig is, kleiner kan zijn.

4.2 Reductie voor de sector varkenshouderij

De emissiereductie is in de voorgaande paragrafen berekend per dierplaats en ten opzichte van de autonome situatie in 2000. In deze paragraaf is dit doorgerekend voor de hele sector varkenshouderij. Hiertoe zijn de berekende pakketten van maatregelen gecombineerd met beleidsvarianten, zoals die door Baltussen & Van Horne (1993) zijn gegeven.

Bij berekeningen van de emissiereductie in 2000 ten opzichte van 1980 voor de sector varkenshouderij is rekening gehouden met verandering in het aantal dieren en met verbetering van technische resultaten. Door verbetering van technische resultaten neemt de ammoniakemissie tussen 1980 en 2000 af met bijna 11% voor de zeugen en met 6% voor de vleesvarkens (zie tabel 4.1). In tabel 4.7 is een overzicht gegeven van veranderingen in aantallen zeugen en vleesvarkens tussen 1980 en 1990 en tussen 1990 en 2000, waarbij voor 2000 de drie genoemde beleidsvarianten apart meegenomen zijn.

Tabel 4.7 Ontwikkelingen in aantallen zeugen en vleesvarkens (%) tussen 1980 en 1990 en tussen 1990 en 2000 bij verschillende beleidsvarianten

Diersoort	1980-1990 *)	1990-2000 **)		
		huidig ***)	min ***)	amm ***)
Zeugen	+23	-8	-4	-8
Vleesvarkens	+34	-11	-14	-33

*) Bron: berekeningen op basis van Landbouwcijfers (1991);
**) Bron: berekeningen op basis van Baltussen & Van Horne (1993);
***) Huidig beleid: voortzetten van het huidige en voorgenomen milieubeleid; Min: Mineralenbeleid: huidig beleid, aangevuld met maatregelen om de mineralenproduktie te verminderen; Amm: Ammoniakbeleid: mineralenbeleid aangevuld met de eis dat in 2000 alle stallen emissie-arm zijn.

Bij de toename van het aantal zeugen is de toename van het aantal biggen en opfokzeugen in het rekenmodel van de zeugen verdisconteerd.

Onder mineralenbeleid past pakket a, terwijl bij het ammoniakbeleid pakket d van toepassing is. Pakket c is onder het mine-

ralenbeleid ook doorgerekend. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 4.8.

Tabel 4.8 Overzicht van emissiebeperking in de varkenssector in 2000 (% ten opzichte van 1980) bij combinaties van pakketten van emissiebeperkende maatregelen en beleidsvarianten

Beleidsvariant	Pakket *)	Zeugen	Vleesvarkens	
			Afzet **)	CMV ***)
Mineralenbeleid	a	51	46	51
	c	57	59	64
Ammoniakbeleid	d	74	76	83

*) Voor de pakketten, zie figuur 4.1; **) Afzet van vleesvarkensmest op het land; ***) Helft van de vleesvarkensmest naar centrale mestverwerking, andere helft direct op het land afgezet.

Uit tabel 4.8 volgt dat een ammoniakemissiebeperking in 2000 ten opzichte van 1980 in de varkenssector van 50% met pakket a onder het mineralenbeleid gehaald kan worden. Pakket a betekent dat naast emissie-arme mestaanwending, sterke voeraanpassingen gepleegd moeten worden. Een vermindering van 70% van de ammoniakemissie in 2000 ten opzichte van 1980 in de varkenssector wordt alleen gehaald indien grote stalaanpassingen verplicht gesteld worden. Pakket d behelst naast de grote stalaanpassingen en dus ook afdekken van de mestopslag, ook kleine stalaanpassingen (roosteraanpassingen) en emissie-arme mestaanwending. Indien de helft van de mest van vleesvarkens centraal verwerkt wordt, zal de reductie boven de 80% komen.

Behalve door de directe vermindering van de emissie per dierplaats, neemt de emissie in Nederland door grote stalaanpassingen ook af doordat het aantal varkens, met name vleesvarkens, na 1990 sterk afneemt.

Pakket c is de maximum variant zonder grote stalaanpassingen. Wordt dit pakket doorgerekend onder het mineralenbeleid, dan bedraagt de emissiebeperking voor de zeugensector 57% en voor de vleesvarkenssector met centrale mestverwerking 64%. Voor de hele varkenssector betekent dit een vermindering van 62%, als uitgegaan wordt van het aantal dieren onder het mineralenbeleid. In pakket c zijn ten opzichte van pakket a nog kleine stalaanpassingen meegenomen die door de hierbij behorende kosten, een grotere druk op de varkenshouders leggen dan bij pakket a (mineralenbeleid). Het aantal varkens zal hierdoor mogelijk iets verder afnemen, waardoor de nationale emissiebeperking enigszins te laag ingeschat is.

Indien onder het mineralenbeleid pakket c verplicht gesteld zou worden, met centrale verwerking van de helft van de vleesvarkensmest, zouden de totale jaarkosten voor de varkenssector circa *f* 215 mln bedragen. De totale emissiereductie in 2000 ten opzichte van 1980 in de varkenssector is berekend op 27,0 mln kg NH_3-emissie. Per kg N emissiereductie bedragen de kosten dan *f* 7,99.

Onder het mineralenbeleid met pakket a, respectievelijk het ammoniakbeleid met pakket d bedragen de totale jaarkosten *f* 175 mln en *f* 385 mln. De totale emissiereductie bedraagt respectievelijk 22,3 mln kg en 35,0 mln kg, zodat de kosten per kg N emissiereductie respectievelijk *f* 7,87 en *f* 11,02 bedragen.

5. DISCUSSIE

- *Algemeen*

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te geven in de mogelijkheden en kosten van beperking van de ammoniakemissie voor bedrijven in de sector varkenshouderij. Dit wil echter niet zeggen dat de uitkomsten voor alle individuele praktijkbedrijven zouden gelden. De praktijk is te divers om in een eenvoudig model te vangen. Dit is dus een relativering voor de in paragraaf 4.2 gegeven vertaalslag naar de sector.

- *Uitgangspunten*

Op zeugenbedrijven zijn de emissiebeperkende maatregelen steeds voor zeugen èn gespeende biggen èn de beren èn de opfokzeugen genomen, omdat anders bijna oneindig veel combinaties denkbaar zouden zijn. In individuele gevallen kan, gegeven een opgelegde eis, een maatregel bijvoorbeeld wel bij de zeugen, maar niet bij de gespeende biggen doorgevoerd worden, om zo kosten te kunnen besparen. Ook kan dan onderscheid gemaakt worden tussen bijvoorbeeld kraamafdelingen en afdelingen voor guste en/of dragende zeugen. Een andere mogelijkheid dat voor een individueel bedrijf andere combinaties lonender zijn, kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van het feit dat er geheid moet worden. In dit geval is een mestkelder onder de stal veel goedkoper dan een extra onderheide mestsilo. Ook is het denkbaar dat een (kleine) vermindering van het aantal dierplaatsen op het bedrijf, in combinatie met relatief goedkope aanpassingen, voldoende emissiebeperking geeft.

In dit onderzoek is gerekend met centrale mestverwerking van de helft van de mest van ieder bedrijf. Volgens Prins (1993) is er in 2000 bij de mineralenvariant echter slechts voor ongeveer 2 mln ton mest verwerking nodig. Hiervan zal een deel uit vleesvarkensmest kunnen bestaan. In de praktijk zal de emissiereductie dus ergens uitkomen tussen de beide varianten zònder en mèt verwerking van de helft van de vleesvarkensmest. Ook voor mestverwerking geldt dat dit voor een individueel bedrijf een extra mogelijkheid is om te voldoen aan een reductie-eis voor het bedrijf. Evenals bij toepassen van grote stalaanpassingen voor een deel van het bedrijf, kan afgewogen worden hoeveel van de mest verwerkt moet worden.

In het landbouwbeleid is een eis van 50-70% beperking van de ammoniakemissie vastgesteld voor de gehele landbouw. Deze eis is echter niet opgelegd aan de verschillende sectoren. Het kost economisch grote offers om 70% reductie van de ammoniakemissie in de varkenssector te halen, terwijl 65% economisch relatief goed haalbaar is. De genoemde eis van 50-70% emissiereductie is overi-

gens ook geen eindnorm. Voor het jaar 2010 wordt een hogere emissiereductie van ammoniak genoemd.

Behalve de vraag hoever iedere sector moet gaan is er ook sprake van regionaal beleid. Varkensbedrijven in een overschotgebied zullen naar verwachting verdergaande maatregelen moeten nemen dan bedrijven in een tekortgebied om de regionale ammoniakdepositie tot hetzelfde niveau te verlagen.

Het rekenmodel voor de ammoniakemissie is lineair opgebouwd. Aangezien het om chemische (evenwichts-)processen gaat, zal er sprake zijn van niet-lineaire relaties. Er zijn echter niet voldoende onderzoeksgegevens voorhanden om betrouwbare relaties te schatten, daarom is uitgegaan van bestaande emissiecoëfficiënten.

Het aandeel minerale stikstof van de totaal uitgescheiden hoeveelheid stikstof lijkt een niet onbelangrijke invloed te hebben op de berekende emissie. Voor juiste berekeningen is kwantificerend vervolgonderzoek gewenst. Volgens het model MESPRO van Aarnink & Van Ouwerkerk daalt het aandeel minerale stikstof onder invloed van sterke voeraanpassingen. Dit beïnvloedt de werkelijke emissie in de praktijk. Niet goed bekend is echter hoe in het evenwichtsproces de mineralisatie van organische stikstof dit effect teniet doet. Ook hiernaar is kwantificerend onderzoek gewenst.

Grote stalaanpassingen zijn mestschuiven, spoel- en rioleringssysteem en mestpan. In dit onderzoek is voor grote stalaanpassingen met mestschuiven gerekend. Mestpannen en een spoel- en rioleringssysteem behalen respectievelijk een lagere en een hogere emissiereductie dan de mestschuif, maar de kosten zijn ook respectievelijk lager en veel hoger. Bij een keuze voor grote stalaanpassingen moet hiermee rekening gehouden worden.

De kosten van aanpassingen zijn berekend voor verschillende bedrijfsgroottes. De bedrijfsgroottes zijn zodanig gekozen dat de berekeningen op een groot aantal bedrijven in Nederland van toepassing zijn. Door marktontwikkelingen en beleidsmaatregelen zal het aantal bedrijven afnemen. Met name kleinere bedrijven zullen niet kunnen voldoen aan de hoge investeringen ten aanzien van milieu en welzijn. Een deel van deze bedrijven zal beëindigd worden. De gemiddelde bedrijfsgrootte neemt hierdoor toe, doordat de grote bedrijven nog groter worden, en doordat de kleinere bedrijven afvallen (zie Baltussen & Van Horne, 1993). Uit dit onderzoek volgt dat alleen grote stalaanpassingen nog goedkoper worden, bij toename van de bedrijfsomvang. Het gaat hierbij deels om quantumkortingen. Bij het spoel- en rioleringssysteem komt het echter vooral door de benodigde grote investering voor de bezinking. Deze is vrijwel onafhankelijk van het aantal dieren. Bij de in dit onderzoek gebruikte uitgangspunten liggen de investeringen en de jaarkosten voor een spoel- en rioleringssysteem ook bij zeer grote bedrijven hoger dan de investeringen en jaarkosten voor een mestschuif.

In het aanstaande Varkensbesluit in het kader van de Gezondheids- en Welzijnswet voor dieren wordt voorgesteld om aan guste en dragende zeugen het verstrekken van een beetje ruwvoer in te

voeren. Door ruwvoer wordt de overall-rantsoenverteerbaarheid iets verlaagd, en neemt de totale N-stroom toe. Wel vindt er een verschuiving plaats van de N-excretie van de urine naar de faeces. Hierdoor daalt de ureum-produktie en dit heeft een verlagend effect op de NH_3-emissie. Deze verschuiving is niet goed te kwantificeren, omdat het effect van verschillende factoren afhangt. Het totale mestvolume neemt toe door toepassing van ruwvoer, terwijl de mest, afhankelijk van de soort ruwvoer, zachter en klefferiger is. Dit kan tot gevolg hebben dat de hokvervuiling zal toenemen, met als gevolg een hogere NH_3-emissie. Mede omdat de totale N-stroom toeneemt, is ruwvoer verstrekken niet opgenomen als mogelijk alternatief in de berekeningen.

- *Resultaten*

In dit onderzoek is voor een 70% reductie geen voeraanpassing nodig. Dit komt omdat voeraanpassing in het begin wel zinvol is, maar naarmate de emissie al door stalaanpassingen en emissiearme aanwending beperkt wordt, neemt de invloed van voeraanpassingen af. Met als gevolg dat de kosten van voeraanpassingen voor de laatste procenten emissiebeperking relatief duurder zijn dan grote stalaanpassingen. Ten aanzien van de totale N-kringloop in Nederland zal het echter altijd nuttig zijn om de N-aanvoer via het voer te beperken.

Er is voor 2000 gerekend met twee niveaus van verlaagd ruweiwitgehalte. In de eerste stap is sprake van verkleining van de veiligheidsmarge, uitbreiding van fasevoedering en toepassing van synthetische aminozuren. In de tweede stap is het eiwitgehalte in het voer nog verder verlaagd. Bij deze verlagingen wordt nog voldoende voorzien in de behoefte van de varkens. Een voordeel van meer-/multifasenvoeding is dat de voerovergangen minder groot zijn. Dit kan van invloed zijn op de gezondheid van de dieren en dus op de technische resultaten en het saldo per dier.

Stalaanpassingen waarbij een ondiepe kelder toegepast en de mest regelmatig uit de stal verwijderd wordt hebben als voordeel dat het klimaat in de afdeling beter te beheersen is. Dit kan leiden tot betere leefomstandigheden voor de varkens en voor de boer. De invloed van een lager ammoniak-gehalte in de lucht en een betere beheersbaarheid van het klimaat op de technische en financiële resultaten zijn buiten beschouwing gelaten.

- *Vergelijking met Baltussen et al. (1990)*

In het onderzoek door Baltussen et al. (1990) is de totale ammoniakemissie per dier (zeugen en vleesvarkens) in 1980 en in 2000 in de autonome situatie circa 10% hoger. Met name de aanwendingsemissie is hoger, terwijl bij zeugen ook de stalemissie hoger is. Dit wordt veroorzaakt door twee factoren: ten eerste is in het vorige onderzoek de berekende stikstof-excretie in de autonome situatie in 2000 zo'n 10-12% hoger; dit is veroorzaakt door een gemiddeld iets hoger eiwitgehalte in het voer en doordat

de retentie iets hoger is ingerekend. Ten tweede is uitgegaan van een gemiddeld hoger aandeel minerale stikstof in de uitgescheiden mest. Door Baltussen et al. (1990) is gerekend met een aandeel minerale stikstof van de totale stikstof op het moment van uitrijden van 50% bij zeugenmest en 55% bij vleesvarkensmest. Dit is gebaseerd op een publikatie van De Winkel (1988). Ook Van der Hoek & Snel (1989) noemen deze cijfers. In het huidige onderzoek is gerekend met modelresultaten van Aarnink & Van Ouwerkerk (1990). Met hun model is het aandeel minerale N van de totale N te berekenen op het moment van uitscheiden van de stikstof. In het huidige onderzoek is geen rekening gehouden met mineralisatie van organische stikstof tijdens opslag.

Baltussen et al. (1990) hebben duidelijk hogere kosten als uitgangspunt genomen voor grote stalaanpassingen voor zeugen en voor luchtzuivering voor zowel zeugen als vleesvarkens dan in deze studie het geval is. Verder was er sprake van één voeraanpassing, terwijl afdekken van de opslag als een aparte optie meegenomen is. In de voorliggende situatie is er pas sprake van buitenopslag bij grote stalaanpassingen en deze opslag is standaard afgedekt, omdat dit nu al wettelijk verplicht is.

Ondanks de genoemde verschillen in uitgangspunten tussen het onderzoek van Baltussen et al. (1990) en deze studie zijn de resultaten niet wezenlijk verschillend.

Om een 50% emissiereductie per dierplaats te halen was in het eerdere onderzoek emissie-arme aanwending bij vleesvarkens voldoende, terwijl bij zeugen kleine stalaanpassingen daarbij moesten. In het huidige onderzoek zijn voor een 50% reductie behalve emissie-arme mestaanwending sterke voeraanpassingen noodzakelijk (zeugen, vleesvarkens) of emissie-arme mestaanwending gecombineerd met kleine stalaanpassingen (vleesvarkens).

Voor een 70%-reductie per dierplaats zijn in het eerdere onderzoek bij vleesvarkens behalve emissie-arme mestaanwending ook voeraanpassing, kleine stalaanpassingen en een afgedekte mestopslag nodig. Bij de zeugen waren grote stalaanpassingen nodig en moest alle zeugenmest centraal verwerkt worden. In het huidige onderzoek zijn voor het bereiken van een 70% emissiebeperking per dierplaats voor zeugen en voor vleesvarkens, behalve emissie-arme mestaanwending, grote en kleine stalaanpassingen nodig.

De kosten van aanpassingen om de emissie te beperken nemen exponentieel toe. Deze conclusie is niet veranderd ten opzichte van het eerder uitgevoerde onderzoek. Dit leidt ertoe dat grote stalaanpassingen pas op het laatst toegepast zullen worden, als de emissiereductie boven de 65% moet komen. In het eerdere onderzoek zijn voeraanpassingen bij de zeugen in geen enkel pakket opgenomen, omdat het per kg reductie een duurdere maatregel was dan stalaanpassingen en luchtzuivering.

- *Vergelijking met ander onderzoek*

In een onderzoek van Heidemij/TNO (1993) is de berekende stikstofexcretie per dierplaats bij de zeugen in 1980 10% lager en in de autonome situatie in 2000 6% lager dan in het voorliggende onderzoek. Er is rekening gehouden met biggen en opfokzeugen. Bij vleesvarkens is de door hun berekende stikstof-excretie per dierplaats in 1980 8% lager, maar in 2000 in de autonome situatie 4% hoger.

Een ander verschilpunt is dat Heidemij/TNO (1993) uitgaat van een emissiebeperking van mestschuiven bij vleesvarkens en zeugen van 70%. In ons onderzoek is uitgegaan van 50% bij de vleesvarkens en 65% bij de zeugen. Voor spoelen wordt door Heidemij/TNO in beide diercategorieën slechts 55% aangehouden, versus 70% in ons onderzoek. Verder gaan zij uit van een emissiebeperking van 30% bij aanpassen van de stalinrichting, terwijl bij de vleesvarkens in ons onderzoek met 25% en bij de zeugen met slechts 10% is gerekend.

Tot slot: berekeningen op basis van Heidemij/TNO (1993) tonen aan dat de N-excretie per dier tussen 1980 en 2000 toegenomen is met 5%. In het voorliggende onderzoek echter is een daling in N-excretie per dierplaats tussen 1980 en 2000 berekend van 6%.

6. CONCLUSIES

1. Een combinatie van emissie-arme mestaanwending, kleine stalaanpassingen en sterke voeraanpassingen zorgt voor een vermindering van de ammoniakemissie per dierplaats in 2000 van circa 60% ten opzichte van de autonome situatie in 2000.

2. De kosten van bovenstaand pakket van maatregelen bedragen voor de zeugen *f* 35,- en voor de vleesvarkens *f* 10,- per dierplaats per jaar.

3. Een emissiereductie in de varkenssector in 2000 ten opzichte van 1980 van ruim 60% lijkt economisch haalbaar. Dit wordt veroorzaakt doordat bij deze reductie grote stalaanpassingen niet nodig zijn.

4. Indien bij vleesvarkens de helft van de mest centraal verwerkt wordt, neemt bij hetzelfde pakket van emissiebeperkende maatregelen de emissiereductie per vleesvarkensplaats ten opzichte van de autonome situatie in 2000 toe met 5 à 10 procent-eenheden; de kosten per vleesvarkensplaats bedragen dan circa *f* 25,- per jaar.

5. Teneinde de emissie per dierplaats te reduceren met ten minste 70%, zijn grote stalaanpassingen, zoals een mestschuif of een spoel- en rioleringssysteem, bij de gebruikte uitgangspunten noodzakelijk. Het lijkt op individuele bedrijven ook technisch haalbaar door bij de andere maatregelen net iets meer inspanning te leveren dan waarmee in dit onderzoek is gerekend.

6. Een lineaire afname van de ammoniakemissie door emissiebeperkende maatregelen gaat gepaard met een exponentiële toename in kosten; een grote sprong in kosten ontstaat zodra grote stalaanpassingen of luchtzuivering toegepast worden.

7. Naarmate een sterkere reductie van de ammoniakemissie noodzakelijk is, c.q. meer aanpassingen noodzakelijk zijn, neemt de effectiviteit van een pakket van maatregelen waarin ook voeraanpassingen zijn opgenomen, af.

8. De kosten per dierplaats van emissiebeperkende maatregelen nemen tot een bedrijfsomvang van circa 200 zeugenplaatsen of 1000 vleesvarkensplaatsen duidelijk af. Voor bedrijven met een grotere omvang worden alleen grote stalaanpassingen per dierplaats nog wezenlijk goedkoper.

9. Luchtzuivering voor varkensbedrijven is niet kosten-effectief ten aanzien van beperking van de ammoniakemissie, het leidt tot een hoger energieverbruik en er kunnen geen positieve neveneffecten verwacht worden.

LITERATUUR

Aarnink, A.J.A. en E.N.J. van Ouwerkerk
Model voor de berekening van het volume en de samenstelling van vleesvarkensmest (MESPRO)
Wageningen, IMAG, 1990 IMAG-rapport 229.

Baltussen, W.H.M., J. van Os en H. Altena
Gevolgen van beperking van ammoniakemissie voor varkensbedrijven
Den Haag, LEI-DLO, 1990 Onderzoekverslag 62

Baltussen, W.H.M. en P.L.M. van Horne (red.)
Milieubeleid en omvang van de intensieve veehouderij; Ontwikkelingen in aantallen bedrijven en dieren tot het jaar 2000 bij drie milieubeleidsvarianten
Den Haag, LEI-DLO/IKC-Veehouderij, 1993 Mededeling 483

Bruins, M.A. en J.F.M. Huijsmans
De reductie van de ammoniakemissie uit varkensmest na toediening op bouwland
Wageningen, IMAG-DLO, 1989 Rapport 225

Coppoolse, J., A.M. van Vuuren, J. Huisman, W.M.M.A. Janssen, A.W. Jongbloed, N.P. Lenis en P.C. Simons
De uitscheiding van stikstof, fosfor en kalium door landbouwhuisdieren, Nu en Morgen
Wageningen, DLO, 1990 DLO, Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij, nr. 5

Eggels, P.G. en R. Scholtens
Biofiltratie van ammoniak bevattende stallucht bij de intensieve veehouderij; Fase 3
Apeldoorn/Wageningen, MT-TNO/IMAG-DLO, 1989 Dossiernummer 8722-10605

Groenestein, C.M. en H. Montsma
Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa; Aanvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frequente en restloze mestverwijdering
Wageningen, DLO, 1993 Rapport 93-1001

Heidemij/TNO
Evaluatie NH_3-beleid Opdracht van de Ministeries LNV en VROM
Arnhem, Heidemij Advies, TNO-SCMO en TNO-IMET, 1993 Rapportnummer 636/AA92/A582/07083M

Hendriks, H.
Persoonlijke communicatie, 1993

Hoek, K.W. van der en L. Snel
Ammoniakemissiefactoren voor de veehouderij in 1991, 1995 en 2000 t.b.v. LEI-scenario-studies
CAD-BWB en CAD-Bedrijfsuitrusting, 1989

Hoeksma, P., J. Oosthoek, N. Verdoes en J. Voermans
Bereiding en gebruik van spoelvloeistof ten behoeve van reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen
Wageningen, IMAG-DLO/PV, 1993 Publikatie in voorbereiding

Kirchgessner, M., M. Kreuzer en F.X. Roth
Bestimmungsfactoren der Güllecharakteristik beim Schwein; 1. Einfluss von Leistungsrichtung, -stadium und -intensität sowie Futteraufnahme und Geslecht unter üblichen Fütterungsbedingungen
Agrobiological Research, 44 (1991) 4, pp. 299-324

Kleijn, J.P.L. de en J.A.M. Voermans
Scheiden van zeugenmest door bezinking
Sterksel, VPB, 1991 Proefverslag P1.62

Krebbers, H.
In: Gevolgen van de mest- en ammoniakmaatregelen MLNV, Ministerie LNV, Projectteam "Voorlichting mest- en ammoniakmaatregelen"
Den Haag, LNV/Ede, IKC-Veehouderij, 1991

Krebbers, H.
Persoonlijke communicatie, 1993

KWIN-V
Kwantitatieve informatie veehouderij 1992-1993
Ede, IKC-V, 1992 IKC-Veehouderij publikatie 92-6

Landbouwcijfers 1991
Rijswijk, CBS/LEI-DLO, 1992

Montsma, H. en C.M. Groenestein
Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III; Biggenopfokstal met frequente en restloze mestverwijdering
Wageningen, DLO, 1992 Rapport 92-1001

Oosthoek, J.
Milieu-aspecten bij diepstrooiselsystemen voor vleesvarkens; In: Van de Sande-Schellekens en Voermans (red.), Studiemiddag diepstrooiselsystemen, 2 maart 1993
Rosmalen, PV, 1993

Oudendag, D.A.
Reductie van ammoniakemissie; Mogelijkheden en kosten van beperking van ammoniakemissie op nationaal en regionaal niveau
Den Haag, LEI-DLO, 1992 Onderzoekverslag 102

Prins, H. (red.)
Milieubeleid en omvang van de rundvee- en schapenhouderij
Den Haag, LEI-DLO/IKC-afd.RSP, 1993 Mededeling 486

PVA, Plan van Aanpak beperking ammoniakemissie van de landbouw
Tweede Kamer der Staten Generaal
Vergaderjaar 1990-1991, 18225, nr. 143

RIVM
Nationale Milieuverkenning-2, 1990-2010
Bilthoven, 1991

Sande-Schellekens, A.L.P. van de en G.B.C. Backus
Ervaringen met biowassers op vleesvarkensbedrijven in PROPRO
Rosmalen, PV, 1993 Pl-rapport in voorbereiding

Sande-Schellekens, A.L.P. van de en J.A.M. Voermans (red.)
Studiemiddag diepstrooiselsystemen, 2 maart 1993
Rosmalen, PV, 1993

Schutte, J.B. en S. Tamminga
Veevoedkundige methoden om de N-en P-uitscheiding door pluimvee, varkens en rundvee te beperken
Wageningen, ILOB-TNO/LUW-VV, 1992 ILOB-rapport I 92-3792b

Thelosen, J.G.M.
Met het rioleringssysteem efficiënt mest afvoeren Varkens, 2 maart 1993, pp. 56-58

Thus, A., A. Verhoek, W.H.M. Baltussen en R. Hoste
Bedrijven met varkens, 1990
Ede, IKC Veehouderij/LEI-DLO Publikatie nr. 25

Timmers, J. (red.)
Ontwikkelingen in de varkenshouderij naar het jaar 2005 Projectgroep visie varkenshouderij 2005, intern rapport
Rosmalen, IKC afd. Varkenshouderij, 1992

TNO/Heidemij
De mestoverschottenproblematiek in 1995 en 2000; een studie ter ondersteuning van de evaluatie van het mestbeleid in 1992
TNO/Heidemij Adviesbureau, 1992

Verdoes, N.
Naar stallen met beperkte ammoniakuitstoot; Deelrapport varkens
Stuurgroep emissie-arme huisvestingssystemen, werkgroep varkens
Wageningen, Ministerie LNV/DLO, 1990 DLO, Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij, nr. 8C

Verdoes, N., G.M. den Brok en J.H.M. van Cuyck
Mechanische mestscheiders als mogelijke schakel in de mestbewerking op bedrijfsniveau
Sterksel, PV/VPB-S, 1992 Proefverslag P1.77

Verdoes, N., J.H.M. van Cuyck en G.M. den Brok
Mestpannen in kraamstallen
Rosmalen/Sterksel, PV/VPB-S, 1993 Proefverslag in voorbereiding

Voermans, J.A.M. en M.M.L. van Asseldonk
Mestscheiden onder de roosters
Rosmalen, PV, 1990 Proefverslag P1.51

Voermans, J.A.M., N. Verdoes, J.G.M. Thelosen en J.A.C. Broekman
Mest en milieu op het varkensbedrijf; In: Symposium-bundel Mestbehandeling op de boerderij;
Ede, 26 mei 1992 Wageningen, SPOM/DLO, 1992 DLO, Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 15

Winkel, K. de
Ammoniakemissie-factoren voor de veehouderij Publikatie-reeks Lucht 76
Leidschendam, 1988

BIJLAGEN

Bijlage 1 Technische resultaten van zeugen en vleesvarkens

	Jaar		
	1980	1990	2000
Zeugen			
Worpindex	2,01	2,20	2,33
Levend geb.biggen/worp	10,1	10,7	11,1
Sterftepercentage	16,2	13,3	11,0
Grootgebr.biggen/zeug/jaar	16,9	20,4	23,0
Kg biggenvoer/big	33 *	30	26,9
Kg zeugenvoer/zeug	1100 *	1101	1100
% Ingezette opfokzeugen	47 *	47	54
% Uitval zeugen	43 *	43	42
% Aanwezige opfokzeugen	10 *	10	11
Vleesvarkens			
Opleggewicht	22 *	25	25
Aflevergewicht	108 *	108	108
Voerconversie	3,16	2,88	2,75
Groei (g/dag)	643	719	753 *
Voeropname (kg/dag)	2,03	2,07	2,07 *
Uitvalpercentage	2,4	2,1	2,0

*) Geschat.
Bron technische resultaten voor respectievelijk 1980 en 1990: Technisch-Economische Administratie (TEA) over 1980/81 en 1990 (Siva-produkten b.a.); voor 2000: Timmers (1992).

Bijlage 2 N-inhoud in gram per dier en het hierbij behorende gewicht van de verschillende diersoorten

Diercategorie	Gewicht (kg)	g N per dier
Pasgeboren big	1,3	25
Gespeende big	9	220
Afgeleverd big (1980)	22	530
Idem (1990/2000)	25	600
Opfokzeug	110	2550
Uitgevallen zeug	170	4080
Mestbig (1980)	22	530
Idem (1990/2000)	25	600
Uitgevallen varken	40	960
Afgeleverd vleesvarken	108	2510

Bron: (eigen berekeningen op basis van) Coppoolse et al. (1990).

Bijlage 3 Berekeningswijze van de N-balans van vleesvarkens, respectievelijk zeugen (g N per dierplaats per jaar)

N-balans vleesvarkens

AANVOER

- biggen:
  g N big * aantal mestrondes
- voer voor uitgevallen varkens:
  37,5 kg * N-gehalte startvoer * uitval% * aantal mestrondes
- voer afgeleverde varkens:
  *startvoer: kg startvoer * N-gehalte startvoer * mestrondes
  *vleesvarkensvoer: (totale voeropname - startvoer) * N-gehalte vleesvarkensvoer * mestrondes
  of in plaats van vleesvarkensvoer, groei- en afmestvoer:
  *groeivoer: kg groeivoer * N-gehalte groeivoer * mestrondes
  *afmestvoer: (totale voeropname - startvoer - groeivoer) * N-gehalte afmestvoer * mestrondes

AFVOER

- afleverde dieren:
  g N afgelev.dier * (1 - uitval%) * mestrondes
- uitgevallen dieren:
  g N uitgev.dier * uitval% * mestrondes

N-EXCRETIE = totale N-aanvoer - totale N-afvoer

N-balans zeugen (incl. biggen en opfokzeugen)

AANVOER

- opfokzeugen:
  % ingezette opfokzeugen * g N per opfokzeug * 0,9
- voer opfokzeugen
  % aanwezige opfokzeugen * 2,5 kg/dag * 365 dagen/jaar * N-gehalte lactovoer * 0,9
- voer zeugen:
  ((4,6 kg/dag * 35 dgn * worpindex * N-gehalte lactovoer) + ((totaal voer/zeug/jaar - kg lactovoer) * N-gehalte drachtvoer)) * 0,9
- voer biggen:
  grootgebr.biggen/zeug/jaar * kg voer/big * N-gehalte biggenvoer * 0,9

AFVOER

- afgeleverde biggen:
  grootgebr.biggen/zeug/jaar * g N per grootgebr.big * 0,9
- gestorven biggen:
  ((sterfte% * lev.geb.biggen/zeug/jaar * 5/6 * g N pasgeboren big) + (sterfte% * lev.geb.biggen/zeug/jaar * 1/6 * g N gespeende big)) * 0,9
- afgevoerde zeugen:
  uitval% zeugen * g N uitgevallen zeug * 0,9
- afgevoerde opfokzeugen:
  (uitval% zeugen - % ingezette opfokz.) * g N opfokzeug * 0,9

N-EXCRETIE = totale N-aanvoer - totale N-afvoer

Bijlage 4 Verschillen in voerprijs en stikstofgehalten

Stikstofgehalten (g N/kg voer) in voeders voor 1980 en 1990; voor 2000 zijn de stikstofgehalten in de autonome situatie en bij verschillende voeraanpassingen (V1 tot en met V4) gegeven, tevens is hierbij de voerprijs vermeld; het betreft de prijs van het grondstoffenpakket, af Rotterdam (*f*/100 kg)

Zeugen	Standaardvoer		Drachtvoer		Lactovoer		Biggenvoer	
	N	prijs	N	prijs	N	prijs	N	prijs
1980	24,8						28,8	
1990	25,6						28,8	
2000 Autonoom	24,0	26,03					28,8	56,92
2000 V1			20,8	25,42	25,1	28,14	28,8	56,92
2000 V2 (matig)		20,0	25,50	24,0	28,18	28,0	57,42	
2000 V3			19,2	25,59	23,2	28,28	27,2	57,90
2000 V4 (sterk)		18,4	25,84	22,4	28,44	26,4	58,40	

Vleesvarkens	Startvoer		Vleesv.voer		Groeivoer		Afmestvoer	
	N	prijs	N	prijs	N	prijs	N	prijs
1980	28,5		26,7					
1990	27,2		26,7					
2000 Autonoom	28,0	31,20	26,1	27,80				
2000 V1	27,2	31,40			26,4	28,09	24,0	27,59
2000 V2 (matig)	27,2	31,40			25,6	28,30	23,2	27,63
2000 V3 (sterk)	26,4	32,25			25,6	28,30	23,2	27,63
2000 V4	26,4	32,25			25,6	28,30	22,4	27,83

N.B.: Eiwit = Stikstof * 6,25.

Bijlage 5 Overzicht van coëfficiënten ten behoeve van het rekenmodel ammoniakemissie

	Vleesvarkens	Zeugen
Emissiecoëfficiënten		
Stal (kg NH_3-N/kg N_{min})	0,30	0,30
Opslag (kg NH_3-N/kg N_{min})	0,20	0,20
Aanwending (kg NH_3-N/kg N_{min})	0,50	0,50
Excretiereductiecoëfficiënt		
Voeraanpassing		
matig	0,092	0,103
sterk	0,101	0,188
Aandeel N_{min}/N_{tot}		
autonome situatie	0,60	0,60
matige voeraanpassing	0,60	0,60
sterke voeraanpassing	0,55	0,60
Emissiereductiecoëfficiënten		
Stalaanpassing		
klein	0,25	0,15
groot	0,50	0,65
klein + groot	0,75	0,80
Luchtzuivering	0,80	0,80
Afdekken mestopslag	0,90	0,90
Mestaanwending	0,80	0,80

N.B.: Bij centrale mestverwerking is er voor het deel van de mest dat verwerkt wordt, een opslagcapaciteit nodig van 4% van jaarrond-opslag (gemiddeld circa twee weken opslag).

Bijlage 6 Reductiepercentages en kosten van emissiebeperkende maatregelen

Emissiereductie (%) en extra jaarkosten (gulden per dierplaats per jaar) in 2000 ten opzichte van de autonome situatie zonder maatregelen; de jaarkosten zijn gegeven voor een bedrijf met 200 zeugenplaatsen of 1000 vleesvarkensplaatsen voor een situatie bij nieuwbouw.

Gebruikte afkortingen zijn:
V1/V2 : Voeraanpassingen (matig/sterk)
S1/S2/S3 : Stalaanpassingen (klein/groot/klein+groot)
M : Mestaanwending emissie-arm
L : Luchtzuivering

Aanpassingen	Zeugen		Vleesvarkens			
			afzet *)		CMV **)	
	reductie	kosten	reductie	kosten	reductie	kosten
Geen					27	16,31
S1	3	2,55	6	5,48	36	21,79
V1	10	8,88	9	0,97	34	17,28
S2	14	110,79	10	23,43	43	35,07
S3	17	113,34	16	28,91	52	40,55
V2	19	16,58	18	2,16	40	18,47
V2 S2	30	127,37	26	25,59		
V2 S3	33	129,92	31	31,07		
L	37	300,00	37	100,00	64	116,31
M	43	13,98	43	2,93	48	17,78
V1 M	49	22,86	48	3,90		
V2 L	49	316,58	48	102,16		
M S1	49	16,52	53	8,40		
V2 M (pakket a)	54	30,56	53	5,09	58	19,94
V1 M S1 (pakket b)	55	25,40	58	9,37	63	24,22
V2 M S1 (pakket c)	59	33,10	62	10,56	67	25,41
S2 M	68	124,77	62	26,36		
V1 S2 M	71	133,65	65	27,33		
V2 S2 M	74	141,35	68	28,52		
S3 M (pakket d)	74	127,32	72	31,84	80	42,02
V1 S3 M	76	136,20	74	32,81		
V2 S3 M	79	143,90	77	34,00		
M L	80	313,98	80	102,93		
V1 M L	82	322,86	82	103,90		
V2 M L	84	330,56	84	105,09		

*) Afzet van vleesvarkensmest op het land; **) Helft van de vleesvarkensmest naar centrale mestverwerking, andere helft afgezet.

Bijlage 7 Kosten van stalaanpassingen

De investeringen zijn gegeven in gulden per dierplaats, de jaarkosten in gulden per dierplaats per jaar.

	Zeugen			Vleesvarkens			Zeugen + vleesvarkens
	100	200	300	500	1000	1500	150 + 1000
Kleine stalaanpassingen							
Betonrooster met metalen deel (alleen guste en dragende zeugen)							
extra invest.	19,75	19,75	19,75				19,75
jaark. 12,9%	2,55	2,55	2,55				2,55
Roosterspleet (vleesvarkens)							
investering				10	10	10	25 + 10
jaarkosten 9,9%				1,00	1,00	1,00	2,50 + 1,00
Metalen roosters (in plaats van beton, vleesvarkens)							
extra investering				26,25	26,25	26,25	+ 26,25
extra jaarkosten				4,48	4,48	4,48	+ 4,48
Grote stalaanpassingen							
Mestpan							
investering	360	330	300	75	70	6	300 + 65
jaark. 14,9%	53,64	49,17	44,70	11,18	10,43	9,68	44,70 + 9,68
Mestschuif							
investering	750	700	650	170	150	130	650 + 130
ontw.kosten *)	165	165	165	35	35	35	165 + 35
jaark. 16,9%	98,87	90,42	81,97	22,82	19,44	16,06	81,97 + 16,06
elektra	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	5,00 + 1,00
Spoelen							
investering	1620	1095	920	330	225	190	1120 + 200
jaark. 13,6%	220,32	148,92	125,12	44,88	30,60	25,84	152,32 + 27,20
elektra	20,00	20,00	20,00	8,00	8,00	8,00	20,00 + 8,00
Riolering							
investering	300	280	260	40	36	32	260 + 32
jaark. 9,9%	29,70	27,72	25,74	3,96	3,56	3,17	25,74 + 3,17
Minderkosten ondiepe kelder ten opzichte van diepe kelder							
investering	475	475	475	100	100	100	475 + 100
jaark. 8,2%	39,11	39,11	39,11	8,23	8,23	8,23	39,11 + 8,23
Mestopslag							
investering	387	280	236	81	58	50	215 + 45
jaark. 11,4%	44,12	31,92	26,90	9,23	6,61	5,70	24,51 + 5,13
Afdekking							
investering	215,86	137,60	98,34	44,78	28,16	20,12	76,88 + 16,09
jaark. 16,4%	35,40	22,57	16,13	7,34	4,62	3,30	12,61 + 2,64
Mestopslag (helft vleesvarkensmest naar centrale mestverwerking)							
investering				45**)	40**)	34**)	292 + 22
jaark. 16,4%				7,38	6,56	5,58	33,29 + 2,51
Afdekking (helft vleesvarkensmest naar centrale mestverwerking)							
investering							112,13 + 8,41
jaarkosten							18,39 + 1,38

*) Aftrek voor ontwikkelingskosten *f* 100/m²; **) Mestzak (jaarkosten 11,4%) in plaats van mestsilo, dus geen afdekkingskosten.