Ing. D.A. Oudendag
Ir. J.H.M. Wijnands

Onderzoekverslag 56

BEPERKING VAN DE AMMONIAKEMISSIE UIT DIERLIJKE MEST

EEN VERKENNING VAN MOGELIJKHEDEN EN KOSTEN

November 1989

LANDBOUW-ECONOMISCH INSTITUUT DEN HAAG BIBLIOTHEEK
SIGN: L 28 - 56
EX. NO: 2 (dupl.)
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut
Afdeling Structuuronderzoek

REFERAAT

BEPERKING VAN DE AMMONIAKEMISSIE UIT DIERKIJKE MEST;
EEN VERKENNING VAN MOGELIJKHEDEN EN KOSTEN
Oudendag, D.A. en J.H.M. Wijnands
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989
Onderzoekverslag 56
ISBN 90-5242-045-9
72 p., fig., tab.

Ammoniak is verantwoordelijk voor ruim een kwart van de neerslag van verzurende stoffen. In 1980 kwam 87 procent van de ammoniak vrij uit dierlijke mest. In dit verslag wordt een model besproken, waarmee de effecten en kosten van maatregelen om de ammoniakemissie te beperken, berekend kunnen worden. Aandacht wordt besteed aan de mogelijke maatregelen, aan de emissiebeperking uitgesplitst naar een zestal diersoorten en een drietal emissieplaatsen, aan de kosten en tenslotte aan de effecten op de neerslag van ammoniak. Aangezien het technisch onderzoek de emissiefactoren nog onvoldoende heeft onderbouwd, moeten de met dit model uitgevoerde berekeningen als een verkenning van de mogelijkheden beschouwd worden.

Verzuring/Ammoniakemissie/Veehouderij/Maatregelen/Kosten/Model

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Oudendag, D.A.

Beperking van de ammoniakemissie uit dierlijke mest : een verkenning van mogelijkheden en kosten / D.A. Oudendag, J.H.M. Wijnands. - Den Haag : Landbouw-Economisch Instituut. - Ill., fig., tab. - (Onderzoekverslag / Landbouw-Economisch Instituut ; 56)
Met lit. opg.
ISBN 90-5242-045-9
SISO 614.62 UDC 631.86:504.064 NUGI 835
Trefw.: ammoniakemissie ; mest.

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding

Inhoud

		Blz.
WOORD VOORAF		5
SAMENVATTING		7
1.	INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING	12
	1.1 Inleiding	12
	1.2 Doel en opzet van het onderzoek	14
2.	METHODE EN UITGANGSPUNTEN VAN HET AMMONIAKEMMISSIE-MODEL	16
	2.1 Inleiding	16
	2.2 Opzet van het model	17
	2.3 Gebruikte mestmodellen	18
	2.4 De rekenregels	21
	2.4.1 De stal	21
	2.4.2 De opslag	23
	2.4.3 Mestaanwending	24
	2.4.4 Beweiding	26
3.	UITGANGSPUNTEN VAN DE BEREKENINGEN	28
	3.1 Algemeen	28
	3.2 De mestmodelberekeningen	28
	3.3 De emissieberekeningen	31
	3.3.1 De stal	31
	3.3.2 De opslag	31
	3.3.3 Mestaanwending	31
	3.3.4 Beweiding	32
	3.3.5 Voeraanpassing	33
	3.3.6 Verkleining van de veestapel	34
	3.4 De kostenberekeningen	35
	3.4.1 De stal	35
	3.4.2 De opslag	36
	3.4.3 Mestaanwending	36
	3.4.4 Beweiding	37
	3.4.5 Voeraanpassing	37
	3.4.6 Verkleining van de veestapel	37
4.	EFFECTEN VAN AFZONDERLIJKE MAATREGELEN	38
	4.1 Inleiding	38
	4.2 Beperking van de stalemissie	39
	4.3 Beperking van de emissie bij het uitrijden	41
	4.4 Beperking van de weide-emissie	42
	4.5 Beperking van de emissie door voeraanpassing en autonome ontwikkelingen in de melkveestapel	43
	4.6 Samenvatting	45

INHOUD (vervolg)

		Blz.
5.	SCENARIORESULTATEN	47
	5.1 Algemeen	47
	5.2 Emissiebeperking	49
	5.3 De kosten	51
6.	DE DEPOSITIE VAN NH3 EN OVERIGE VERZURENDE STOFFEN	52
	6.1 Inleiding	52
	6.2 Uitgangspunten	52
	6.3 Resultaten	54
7.	DISCUSSIE	56
	7.1 De betrouwbaarheid van de gebruikte coëfficiënten	56
8.	CONCLUSIES	58
LITERATUUR		59
BIJLAGEN		
1.	Verdeling van de dieren over de verschillende huivestingssystemen	62
2.	Indeling van de 31 regio's naar een zand- en kleigebied	63
3.	Emissies voor de 31 regio's bij verschillende maatregelen	64
4.	Emissies voor de 31 regio's bij verschillende scenario's	66
5.	Herleiding van de emissies van de 31 regio's naar de emissies van de 20 samengestelde COROP-gebieden	67
6.	Deposities van verzurende stoffen voor de verschillende COROP-gebieden	68

Woord vooraf

Op verzoek van de directie Veehouderij en Zuivel van het Ministerie van Landbouw en Visserij heeft het LEI een rekenmodel opgesteld, waarmee berekeningen kunnen worden uitgevoerd met betrekking tot de ammoniakemissie uit dierlijke mest in de Nederlandse landbouw.

Naast het doorrekenen van gevraagde toekomstscenario's, heeft het LEI aandacht besteed aan een aantal gevoeligheidsanalyses van emissiebeperkende maatregelen en de effecten ervan op de neerslag van verzurende stoffen. Deze laatste berekeningen zijn gebaseerd op de verspreidingsmodellen van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene (RIVM). Aangezien de verzuringsproblematiek, waarvan ammoniakuitstoot een onderdeel is, pas sinds kort uitgebreide aandacht van het (landbouw-)onderzoek heeft gekregen, mag aan de in dit rapport gepresenteerde uitkomsten in absolute zin geen al te grote waarde toegekend worden. Er komen nu regelmatig nieuwe inzichten over aspecten van de ammoniakemissie uit dierlijke mest beschikbaar die nog niet in deze studie zijn verwerkt.

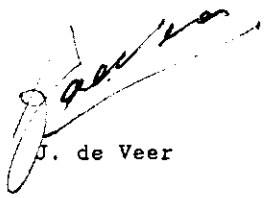
De resultaten van dit onderzoek geven een eerste verkenning van de mogelijkheden om de ammoniakuitstoot uit dierlijke mest te beperken en globale aanwijzingen over de effectiviteit van afzonderlijke maatregelen.

De voortgang van het onderzoek is regelmatig besproken met een overleggroep. Deze overleggroep heeft een belangrijke bijdrage aan dit onderzoek geleverd door kritische opmerkingen en waardevolle suggesties. De samenstelling van de groep was per 1 januari 1989 als volgt:

Ir. M. H. Bakker	Ministerie van Landbouw en Visserij, directie VZ
Drs. C. Bovenkerk	VROM, directie Lucht
Drs. H van der Wal	VROM, directie Lucht
Drs. J.J.C. Karres	Ministerie van Landbouw en Visserij, directie NMF
Drs. A.H. van de Meer	Ministerie van Landbouw en Viserij, AZ-LAVO
Ir. W.J.M. Pieterse	Ministerie van Landbouw en Visserij, directie VZ
Ing. W. van Slagmaat	Landbouwschap
Dr. R. Thomas	RIVM/LAE
Ir. M. Vonk	Landbouwschap

Onze dank gaat uit naar het RIVM, waar met behulp van de door het LEI aangeleverde emissiegegevens de bijbehorende neerslagcijfers zijn berekend. Dank is ook verschuldigd aan ing. H. Luesink en mevr. ir. M. van der Veen, beide werkzaam op het LEI, voor het gebruik van de door hen ontworpen mestmodellen en hun behulpzaamheid bij het aansluiten van deze modellen op het rekenmodel.

De directeur,



Den Haag, november 1989

J. de Veer

Samenvatting

1. Inleiding en probleemstelling

De laatste jaren wordt in Nederland en in de EG veel aandacht besteed aan de toenemende luchtverontreiniging en de daarmee gepaard gaande "zure" regen. In Nederland is in het Indicatief Meerjaren Programma Lucht 1985-1989 vastgelegd dat de emissie van SO2, NOx en NH3 in Nederland in het jaar 2000 moet zijn verminderd met respectievelijk 71%, 33% en 50% ten opzichte van 1980. In dit onderzoek is aandacht besteed aan mogelijkheden om de emissie van ammoniak uit dierlijke mest te beperken. Op verzoek van het Ministerie van Landbouw en Visserij heeft het LEI een rekenmodel opgesteld waarmee de emissie berekend kan worden. Doel van het onderzoek is inzicht te krijgen in:

- de ammoniakemissie op nationaal en regionaal niveau;
- het niveau van de emissie bij verschillende emissiebeperkende maatregelen;
- een indicatie van de kosten van deze maatregelen op nationaal niveau.

Op deze wijze kan eveneens inzicht verkregen worden in de economisch optimale maatregelen om de emissie te reduceren. Het onderzoek beperkt zich tot de ammoniakemissie, veroorzaakt door de Nederlandse veehouderij. Deze laatste is verantwoordelijk voor 87 procent van de Nederlandse ammoniakemissie.

2. Methode en uitgangspunten

In het model worden drie ammoniakemissieplaatsen onderscheiden; de stal, de weide en bij het uitrijden. De emissie bij opslag van mest buiten de stal is niet in het model opgenomen, omdat hierover nog onvoldoende gegevens bekend zijn. De emissie wordt onder andere bepaald door de hoeveelheid mest en de samenstelling ervan, hetgeen samenhangt met de diersoort. Het model maakt daarom ook onderscheid naar zes diersoorten, namelijk rundvee, mestkalveren, mestvarkens, fokvarkens, leghennen (onderscheiden naar produktie van natte en droge mest) en slachtkuikens. Voor de berekening van de emissie bij het uitrijden wordt gebruik gemaakt van het mestoverschotmodel en het mesttransport- en verwerkingsmodel. Deze modellen leveren gegevens over de plaats waar mest uitgereden wordt en indien nodig waar en hoeveel mest verwerkt moet worden. De omvang van de veestapel en gegevens over het grondgebruik zijn ontleend aan de Meitelling 1986. De emissiecoëfficiënten zijn gebaseerd op de beschikbare kennis van rond 1987 zoals deze is vastgelegd door De Winkel (1988).

Aangezien het landbouwkundig onderzoek op dit gebied pas recentelijk goed op gang gekomen is, en omdat steeds nieuwe inzichten beschikbaar komen dient men de uitkomsten van dit onderzoek met de nodige voorzichtigheid te interpreteren.

3. Effecten van maatregelen

In dit onderzoek worden de effecten van de afzonderlijke emissiebeperkende maatregelen afgezet tegen de emissie in 1986 (tabel 1). In het Indicatief Meerjaren Programma Lucht 1985-1989 is voor het jaar 2000 een beperking van de ammoniakemissie opgenomen van 50 procent ten opzichte van 1980. De emissie in 1986 is ongeveer twee procent hoger dan die in 1980. Globaal kan men de emissiedoelstelling dus ook relateren aan 1986; regionaal zullen er wel verschillen zijn.

Tabel 1 De ammoniakemissie in 1986 (in milj. kg NH3 en in procenten van totaal) naar plaats van emissie en diergroep

Diergroep	Emissieplaats							
	stal+opsl.		weide		uitrijden		totaal	
	milj. kg	%	milj. kg	%	milj. kg	%	milj. kg	%
Rundvee	42	17	25	10	73	31	140	57
Mestkalveren	1	0	0	0	3	2	4	2
Mestvarkens	14	6	0	0	31	13	45	19
Fokvarkens	12	5	0	0	12	5	24	10
Leghennen	9	4	0	0	9	4	18	8
Slachtkuikens	8	3	0	0	2	1	10	4
Totaal	86	35	25	10	130	55	241	100

De effecten van afzonderlijke maatregelen en ontwikkelingen op het totale niveau van ammoniakemissie zijn in tabel 2 weergegeven. Deze effecten mogen niet zonder meer bij elkaar opgeteld worden. Immers een daling van de mestproduktie vanwege een verkleining van de melkveestapel heeft tot gevolg dat injecteren absoluut gezien een kleinere reductie oplevert. Er hoeft immers minder mest uitgereden te worden.

Bij de aanpassingen in de huisvesting is verondersteld, dat deze zullen plaatsvinden als de gebouwen om technische of economische redenen vervangen of gerenoveerd moeten worden. Daardoor behoeven geen additionele kosten berekend te worden. Alleen bij de isolatie van vloeren van slachtkuikenstallen moeten ook bij vorengenoemde vervangingen extra kosten in rekening gebracht worden. Door het installeren van biofilters in de stallen van de intensieve veehouderij wordt de stalemissie (in totaal 19%) met 85% teruggebracht waardoor de totale emissie met 15% daalt. De kosten voor biofilters zijn hoog (circa 50 à 70 gulden per varkensplaats) en zullen voor de totale intensieve veehouderijsector 1,1

à 1,6 miljard gulden bedragen. Op grond van het open karakter van rundveestallen en de grote behoefte aan ventilatie is verondersteld, dat in rundveestallen biofilters niet toegepast kunnen worden. De uitrij-emissie kan beperkt worden door de mest te injecteren of in te regenen op grasland en direct onder te werken op bouwland. Door deze aanpassingen bij het uitrijden van mest kan een daling van de ammoniakemissie bereikt worden van minimaal 31 tot maximaal 43%. De kosten per procent emissie-reductie zijn relatief laag. Een mestinjecteur kan niet op alle grasland gebruikt worden; een zodeinjecteur of zodebemester kan waarschijnlijk wel overal gebruikt worden en heeft naar verwachting een vergelijkbaar effect als de mestinjecteur.

De weide-emissie kan vermeden worden door alle rundvee op stal te zetten. Het gevolg is een grotere stalemissie en een hogere emissie bij het uitrijden, omdat er meer mest in de stal terecht komt. Het totale effect is een aanzienlijke toename van de emissie en het is dan ook geen voor de hand liggende maatregel.

Tabel 2 Beperking van ammoniakemissie in procenten van niveau 1986, kosten in miljoenen guldens en kosten in miljoenen guldens per procent emissiebeperking bij diverse maatregelen en ontwikkelingen

Maatregel of ontwikkeling	Emissie-beperking (%)	Kosten (minimaal)	Kosten per procent beperking
Maximale aanpassing huisvesting			
varken	2	0	0
legpluimvee	2	0	0
slachtkuikens	1	8	8
Biofilters in varkens- en pluimveestallen	15	1120	74,7
Injecteren in alle grasland	35	105	3,0
Inregenen op alle grasland	23	330	14,4
Op alle bouwland direct onderwerken	8	100	12,5
Alle rundvee op stal	-15	pm	pm
Effect zuivelbeleid			
daling melkveestapel 20%	10	0	0
daling melkveestapel 40%	17	0	0
Voedertechnische aanpassingen bij intensieve veehouderij			
15% minder mest per dierplaats	6	350	58,3
30% minder mest per dierplaats	13	pm	pm

Naast directe beïnvloeding vinden ook andere ontwikkelingen plaats, die toekomstig verloop van de ammoniakemissie bepalen. Door het EG-zuivelbeleid wordt de omvang van de melkproduktie beperkt en door de stijgende melkproduktie per koe zal de melkveestapel verder inkrimpen. Door aanpassing van het voederregime en/of van de samenstelling van het voer van de intensieve veehouderij kan de uitscheiding van nutriënten door de dieren beperkt worden. Beide ontwikkelingen hebben een lagere mestproduktie tot gevolg en daardoor ook een lagere emissie. Aanpassing van het voeder levert niet alleen een bijdrage aan de ammoniakemissie- maar ook aan de mestoverschotten problematiek. De in tabel 2 vermelde kosten zijn een globale schatting.

De totale ammoniakemissie kan met 40 à 60 procent dalen door een aantal gecombineerde maatregelen en ontwikkelingen:

- de mest zoveel mogelijk injecteren of direct onderwerken;
- de huisvesting maximaal aanpassen;
- het veevoer van de intensieve veehouderij aanpassen;
- een vermindering van de omvang van de melkveestapel.

Met de hier gehanteerde uitgangspunten is geen grotere daling van de emissie mogelijk, tenzij men biofilters toepast of de veestapel inkrimpt. Op grond van nieuwe inzichten, die thans beschikbaar komen, kan wellicht nog een grotere vermindering bereikt wordt. Voorbeelden van dergelijke ontwikkelingen zijn het verstrekken van eiwitarm ruwvoer aan het rundvee of aanpassingen in het huisvestingssysteem voor de rundveehouderij.

Het niveau van de ammoniakemissie per oppervlakte-eenheid verschilt van regio tot regio en is sterk afhankelijk van de omvang en samenstelling van de daar aanwezige veestapel. Van belang bij de regionale emissie is ook de im- en export van mest in een regio ten gevolge van de transporten van mestoverschotten. In variant met een daling van de ammoniakemissie met 60 procent is de emissie de de Peel nog vergelijkbaar met Nederlandse gemiddelde van 1986. Niettemin is ook in de Peel de emissie dan al met ruim 60% gedaald.

4. De neerslag van NH3 en overige verzurende stoffen

De uiteindelijke doelstelling van een beperking van de ammoniakemissie is het verlagen van de neerslag van verzurende stoffen. Het RIVM heeft met zijn verspreidingsmodellen berekeningen gemaakt om de effecten op de neerslag te bepalen. Ten aanzien van de emissies van NOx en SOx wordt verondersteld dat in Nederland relatief zware maatregelen getroffen worden om deze emissie terug te dringen. In tabel 3 worden voor geheel Nederland en Noordoost-Brabant (grotendeels het Peelgebied) de neerslag van verzurende stoffen aangegeven in 1986 en een variant, waarbij de ammoniakemissie in Nederland met bijna 60 % daalt. Uit deze tabel blijkt dat de doelstelling van een neerslag van 3000 zuurequivalenten niet bereikt wordt. Verder blijkt dat de daling van de depositie

van verzurende stoffen minder sterk is dan de daling van de ammoniakemissie. In Noordoost-Brabant levert de daling van de ammoniakemissie overigens wel een substantiële bijdrage aan de vermindering van de neerslag van verzurende stoffen.

Tabel 3 Neerslag van verzurende stoffen in Nederland en in Noordoost-Brabant in zuur equivalenten/ha/jaar voor 1986 en een variant waarbij de ammoniakemissie daalt met circa 60% en die extra maatregelen inhoudt ten aanzien van de emissie van NO_x en SO_x

Stof/reductie	Nederland		Noordoost-Brabant	
	1986	variant	1986	variant
NH3	1380	1028	2120	1360
NO_x	1570	1088	1630	1170
SO_x	1960	1387	2200	1520
Totaal	4910	3500	5950	4050
Perc. reductie	0	29	0	31
Perc. reductie door NH3 reductie	0	7	0	13

Een van de oorzaken van de in verhouding tot de verminderde emissie is dat 25% van de in Nederland neergeslagen ammoniak afkomstig is uit het buitenland. Voor SO_x en NO_x zijn deze percentages nog hoger. Aangescherpte doelstellingen ten aanzien van de depositie tot bijvoorbeeld 1400 tot 2100 zuurequivalenten per ha kunnen alleen met additionele maatregelen in binnen- en buitenland gerealiseerd worden.

1. Inleiding en probleemstelling

1.1 Inleiding

De laatste jaren wordt in Nederland en in de EG veel aandacht besteed aan de toenemende luchtverontreiniging en de daarmee gepaard gaande zure regen. De grote bossterfte in Duitsland en de uitsterving van flora en fauna in de Zweedse meren vormden hiertoe aanleiding. Ook in Nederland wordt de aantasting van bossen en gebouwen door zure regen steeds meer zichtbaar.

De voornaamste componenten die de verzuring veroorzaken zijn de zwaveloxiden (SO_x), de stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3). De aandelen van deze componenten in de neerslag van Nederland, bedroegen in 1985 respectievelijk 40, 32 en 28% (VROM, 1987). Electriciteitscentrales en raffinaderijen zorgen voor zo'n 50% van de SOx-uitstoot. Motorvoertuigen vormen de belangrijkste NOx-bron. Voor de ammoniakemissie is de landbouw grotendeels verantwoordelijk met een aandeel van 94% inclusief het gebruik van kunstmest (tabel 1.1).

Tabel 1.1 Overzicht van de verdeling van de emissie naar emissiebron en naar stof voor 1985 in Nederland (in %)

SO_x		NO_x		NH_3	
bron	%	bron	%	bron	%
elec. centr.	24	motorvoert.	51	landbouw	87
raffinader.	25	elec.centr.	15	kunstmest	7
ov. industrie	34	industrie	12	industie	6
huishoudens	1	overig	22	overig	1
overig	16				
Totaal	100		100		100

Bron: (VROM, 1987).

De effecten van zure regen op het milieu zijn talrijk: De bodem verzuurt ten gevolge van de neerslag van verzurende stoffen (depositie). De meest gangbare hypothese die op dit moment gehanteerd wordt, luidt als volgt (VROM en L & V, 1984:16)

> "Toevoer van zuur naar de bodem hoeft niet onmiddelijk gepaard te gaan met een verandering van de zuurgraad van de bodem. De aanwezigheid van kalk, zwakke organische zuren

(humus) en kleimineralen kan er voor zorgen dat het zuur geheel of gedeeltelijk wordt geneutraliseerd (bufferwerking). Dit gaat echter steeds gepaard met uitspoeling van stoffen zoals kalk, metalen, nitraten en sulfaten naar het grondwater. Hierdoor wordt eerst het bufferend vermogen van de bodem opgebruikt (sic!), waarna een plotselinge verhoging (sic!) van de zuurgraad kan optreden. Bij voortdurende zuurbelasting zal de verzuring naar diepere bodemlagen doordringen en komen ook metaalionen zoals aluminium en zware metalen vrij. Tevens treedt dan verzuring van het grondwater op".

Flora en fauna hebben voorkeur voor een bepaalde zuurgraad van de bodem. Door verzuring van de bodem zal de flora- en faunasamenstelling veranderen. Meestal betekent dit een verarming van de soortenrijkdom. De verzuring remt zo ook de micro-organismen die organische resten afbreken tot stoffen die weer door de planten opgenomen kunnen worden. De voedingsstoffen komen dan vertraagd beschikbaar.

De vegetatie kan direct (via bovengrondse delen) en indirect (via de bodem) aangetast worden. Een voorbeeld van directe aantasing is de bladschade bij loofbomen en de beschadiging van naalden bij dennebomen. Bij landbouwgewassen speelt de indirecte aantasting nauwlijks een rol omdat via bekalking de zuurgraad op peil wordt gehouden. Indirecte schade kan tot uitdrukking komen in vormen van groeireductie en een verhoogde gevoeligheid voor vorst. Door de depositie van stikstof via ammoniak en stikstofoxyden wordt het milieu verrijkt met voedingsstoffen (eutrofiering). Dit proces bevordert de vergrassing van de heide.

Het oppervlaktewater en waterorganismen kunnen ook aangetast worden.

"Slechts een betrekkelijk gering aantal oppervlaktewateren in Nederland is gevoelig voor verzuring. Een groot deel van de Nederlandse wateren wordt namelijk beïnvloed door het Rijnwater dat een grote buffercapaciteit heeft. Een aantal vennen in Zuid- en Oost Nederland heeft echter een zeer kleine buffercapaciteit" (Vrom en L&V, 1984:19).

Onderzoek heeft uitgewezen dat deze vennen vrijwel allemaal al zijn verzuurd. In verzuurde wateren treedt een sterke verarming op van flora en fauna. Een ander effect van zuurder water is dat metaalionen beter beschikbaar komen. Dit kan ook gevolgen hebben voor de waterplanten en -dieren (metaalvergiftiging).

Zink en staal maar ook gebouwen en beeldhouwwerken van natuursteen, gebrandschilderde ramen, papier, leer en textiel in musea en archieven, worden door "zure" regen aangetast.

Het bovenstaande handelt over voor de verzuring in het algemeen, dat wil zeggen over het effect van alle verzurende stoffen samen. Omdat deze studie het terugbrengen van ammoniakuitstoot tot onderwerp heeft, volgt nu een overzicht van het gedrag en de effecten van ammoniak op het milieu. Ammoniakgas (NH_3) wordt in de lucht omgezet tot ammonium (NH_4^+). Hierbij wordt een eenheid

zuur geconsumeerd. Wanneer het ammonium in of op de bodem terecht komt, kan nitrificatie plaatsvinden. Hierbij worden twee eenheden zuur gevormd. Het netto-effect is dus een zuurproduktie. Naast deze verzuring ten gevolge van ammoniak kan ook gewasschade optreden. Bijvoorbeeld bij naaldbomen waar het ammonium en het ammoniak opgenomen worden door de naalden. Hierbij wordt vaak kalium en calcium door de naalden afgescheiden. Dit kan tot gevolg hebben dat de naalden te vroeg afvallen (Asman, W. et al., 1987). Door de depositie van ammoniak en ammonium treedt tevens een extra stikstofbemesting op, die voor het voortbestaan van voedselarme ecosystemen desastreuze gevolgen kan hebben.

Het transport van luchtverontreinigende stoffen houdt niet op bij de grens. Zo wordt het grootste deel (80%) van de Nederlandse emissie van verzurende stoffen geëxporteerd (80%) (tabel 1.2).

Tabel 1.2 Export en import van verzurende stoffen in Nederland in 1985 in procenten

Stof	Emissie		Neerslag afkomstig uit	
	blijft in Nederland	gaat naar buitenland	Neder-land	buiten-land
SOx	17	83	20	88
NOx	17	83	35	65
NH3	25	75	75	25
Totaal	20	80	41	59

Bron: (VROM, 1987).

Door de emissie van verzurende stoffen te beperken zal de schade door de neerslag van zure stoffen afnemen. In Nederland en ook in omringende landen is een begin gemaakt met de beperking van de uitstoot.

In het Indicatief Meerjaren Programma Lucht 1985-1989 is vastgelegd, dat de emissies van SOx, NOx en NH3 in Nederland in 2000 moeten zijn verminderd met respectievelijk 71%, 33% en 50% ten opzichte van de situatie in 1980 (VROM, 1987). Hoewel in het milieubeleid de doelstelling voor NH3 momenteel is aangescherpt tot 70% reductie, zal in dit rapport steeds gerefereerd worden aan de 50% norm. Het onderzoek was reeds in een te ver gevorderde fase om met de aangescherpte norm rekening te houden.

1.2 Doel en opzet van het onderzoek

Doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in het niveau van:

- de ammoniakemissie op nationaal en regionaal niveau;
- de ammoniakemissie bij verschillende emissiebeperkende maatregelen;
- de kosten van de betreffende maatregelen.

Om dit doel te bereiken is een ammoniakemissiemodel opgesteld, dat in hoofdstuk 2 van dit rapport uitgebreid wordt besproken. De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden om aan te geven op welke wijze de beoogde reductie van 50% van de ammoniakemmissie kan worden gehaald. Via een koppeling van het ammoniakemissie-model met het depositiemodel van het RIVM, kan tevens worden nagegaan wat de invloed van de emissiebeperkende maatregelen is op de depositie van ammoniak in Nederland. Bij deze beschouwing zullen ook de stoffen SOx en NOx meegenomen worden zodat de invloed van de beperkende maatregelen ten aanzien van de ammoniakemissie op de totale depositie van verzurende stoffen duidelijker wordt.

Dit onderzoek beperkt zich tot de emissie van ammoniak en wel tot de emissie uit dierlijke mest, afkomstig van de Nederlandse landbouw. De invloed van kunstmest wordt buiten beschouwing gelaten. De methode van berekenen en de opzet van het model worden in hoofdstuk 2 besproken. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de gehanteerde uitgangspunten en emissiecoëfficiënten die bij de berekeningen zijn gebruikt. Hoofdstuk 4 behandelt de invloed van een aantal emissiebeperkende maatregelen op de ammoniakuitstoot. In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op een aantal varianten waarbij meerdere emissiebestrijdende maatregelen tegelijk worden uitgevoerd. De neerslag van verzurende stoffen waaronder ammoniak komt in hoofdstuk 6 aan de orde. Het rapport wordt afgesloten met een discussie (hoofdstuk 7) en de conclusies (hoofdstuk 8).

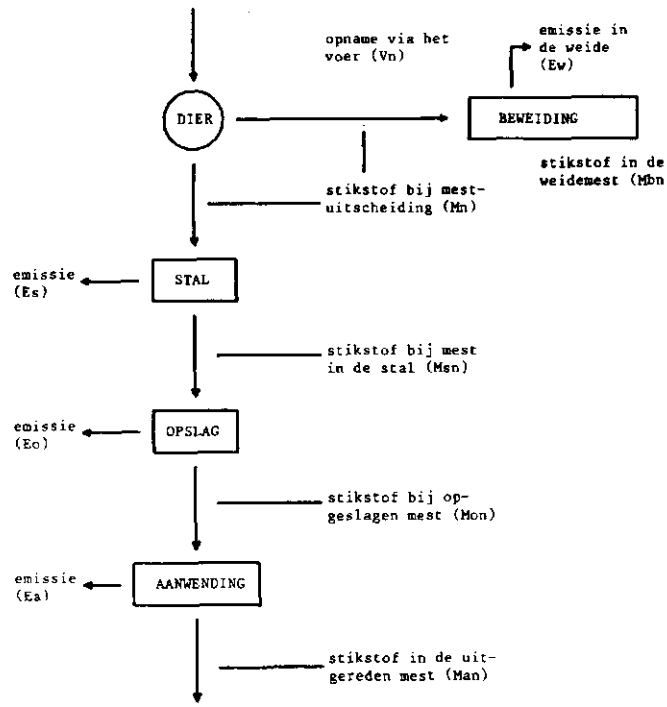
Het Landbouwkundig Onderzoek heeft pas recentelijk de ammoniakemissie in haar programma opgenomen. Dit houdt in dat zowel over de emissiecoëfficiënten als over de mogelijke maatregelen om de emissie te beperken steeds weer nieuwe inzichten beschikbaar komen. De in dit onderzoek gepresenteerde uitgangspunten en daarmee ook de resultaten mogen daarom niet als absolute en vaststaande grootheden geïnterpreteerd worden. De resultaten moeten veeleer gezien worden als een eerste verkenning van mogelijke maatregelen en een indicatie van de effectiviteit ervan. Momenteel wordt reeds gewerkt aan een actualisatie van dit onderzoek, waarbij tevens een uitbreiding plaatsvindt met onder andere de bedrijfseconomische aspecten.

2. Methode en uitgangspunten van het ammoniakemissie-model

2.1 Algemeen

Om een model te kunnen opstellen dat de ammoniakemissie berekent, moeten twee vragen worden beantwoord:
1. waar komt ammoniak vrij;
2. waardoor wordt de emissie van ammoniak beïnvloed.

Een stikstofbalans van een fictief landbouwhuisdier geeft inzicht in de vraag waar stikstof kan worden uitgestoten (figuur 2.1). Omdat stikstof uit mest vrijwel alleen vervluchtigt in de vorm van ammoniak kan dit figuur ook gelezen worden als een weergave van de emissie van ammoniak. Bij de stikstofbalans in figuur 2.1 wordt ervan uitgegaan dat alleen stikstofverliezen optreden uit de stal, bij de opslag, bij het aanwenden van mest en wanneer het om graasdieren gaat, bij het weiden (De Winkel, 1988). Omdat de stikstofvervluchtiging overeenkomt met de vervluchtiging van ammoniak, gelden deze emissieplaatsen ook voor ammoniak.



Figuur 2.1 De stikstofbalans voor een landbouwhuisdier
Bron: (De Winkel, 1988).

Uit figuur 2.1 valt af te leiden dat de stikstofuitscheiding gelijk is aan de hoeveelheid opgenomen stikstof in het voer minus de stikstofvastlegging in diverse produkten zoals vlees, melk eieren, geworpen dieren e.a. In het vervolg zal nu niet meer over stikstof worden gesproken maar over ammoniak.

De totale emissie (Et) van ammoniak door een dier is de som van de emissie tijdens de stalperiode (Es), tijdens de opslag (Eo), tijdens de aanwending van mest (Ea) en tijdens de beweiding (EW). In formulevorm luidt het als volgt:

Et = Es + (Eo) + Ea + (Ew)

Het toepassen van maatregelen die de emissie bestrijden zal moeten gebeuren op de plaatsen waar de emissie op kan treden. Een andere mogelijkheid om emissie tegen te gaan, is verlaging van de stikstofinput via het voer. Het gevolg hiervan is dat de stikstofuitscheiding (Mn) lager wordt, en evenzo de stalemissie. Dit kan mogelijk doorwerken in een afname van de emissie bij opslag en het aanwenden van mest. Uit figuur 2.1 valt verder af te leiden dat wanneer er maatregelen getroffen worden bij één emissieplaats om de emissie te reduceren (zoals maatregelen waardoor stikstof in de mest blijft), de emissie bij de volgende emissieplaatsen kan toenemen. Minder emissie bij de mestopslag, bijvoorbeeld door er voor te zorgen dat het ammoniak minder snel vervluchtigt, leidt bijvoorbeeld tot een hoger stikstofgehalte in de uit te rijden mest waardoor de emissie bij het uitrijden zal toenemen (indien hier geen maatregelen worden getroffen). De emissie van ammoniak uit mest wordt beinvloed door de samenstelling van de mest. Deze is weer afhankelijk van:

- diersoort;
- de samenstelling van het opgenomen voer;
- wijze waarop de mest wordt bewaard. Deze bewaarmethode wordt bepaald door het type huisvestingssysteem en het al dan niet afdekken van mestopslag.

Naast de mestsamenstelling bepalen de volgende factoren de emissie van ammoniak uit mest (Voorburg, 1980):

- de grootte van het contactoppervlak van de mest met de lucht;
- de concentratie ammoniak in de mest;
- de temperatuur ;
- de luchtbeweging over de mest;
- de bloodstellingsduur;
- de zuurgraad (pH).

Aangezien de ammoniakemissie door zoveel factoren beïnvloed wordt, zullen de berekeningen met behulp van een model plaatsvinden. In dit model zijn de relevante relaties in rekenregels (veelal formules) vastgelegd.

2.2 Opzet van het model

Het ammoniakemissie-model is zo opgezet dat het de emissie berekent per emissieplaats (stal, opslag, aanwenden van mest en

beweiden) en per diersoort. Per emissieplaats zijn naar diersoort (of mestsoort) emissiefactoren bekend. Deze factoren geven de ammoniakemissie per eenheid activiteit aan, bijvoorbeeld de emissie per jaar per vleesvarken gehuisvest op halfroostervloeren (zie hoofdstuk 3). In principe kunnen de emissieberekeningen naar alle dierindelingen plaatsvinden. Omdat bij de berekening van de emissie bij het aanwenden van mest, gebruik wordt gemaakt van bestaande mestoverschot- en -transportmodellen en deze modellen met een indeling van zes diersoorten werken, wordt in het rekenmodel de emissie van de diersoorten naar de zeven diersoorten geaggregeerd. Het gaat hier om de diersoorten rundvee, vleeskalveren, vleesvarkens, fokvarkens, leghennen op natte mestsystemen, leghennen op droge mestsystemen en slachtkuikens. Onder rundvee vallen de melkkoeien, het jongvee en het rundvee voor de mesterij.

De emissieberekeningen voor de stal en het beweiden worden op bedrijfsniveau uitgevoerd. Omdat het ondoenlijk is de emissies voor alle bedrijven in Nederland weer te geven, worden deze bedrijfsemissies naar emissies per gebied omgerekend. De keuze van de gebieden is afgestemd op de gebiedsindeling van de mestoverschot- en -transportmodellen (figuur 2.3). Een andere reden voor het berekenen van de emissie per gebied is dat er belangrijke regionale verschillen zijn in het niveau van de emissie die samenhangen met de veedichtheid. In de Noordoostpolder zal de emissie bijvoorbeeld lager zijn dan in de Peel, omdat in dit laatste gebied relatief veel meer vee gehouden wordt.

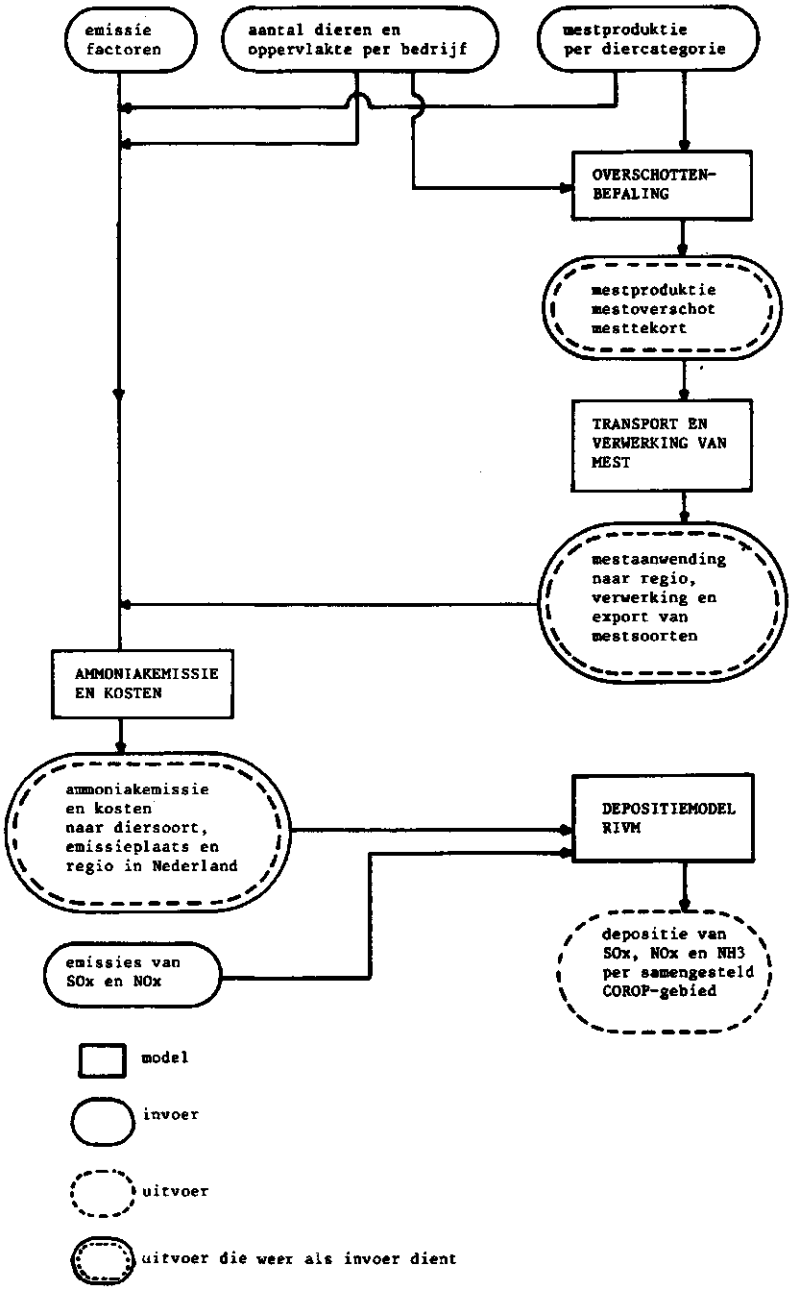
De emissie is de som van: het produkt van het aantal dieren naar diersoort en huisvestingssysteem en/of beweidingssysteem met de bijbehorende emissiefactoren plus het produkt van de hoeveelheid uit te rijden mest naar diersoort en uitrijsysteem en de bijbehorende emissiefactor (figuur 2.2).

De kosten zijn het produkt van de kosten van de maatregelen per eenheid en het aantal eenheden. Bijvoorbeeld de kosten voor biofiltratie is het produkt van de kosten voor biofiltratie per mestvarkensplaats en het aantal mestvarkensplaatsen.

2.3 Gebruikte mestmodellen

Bij de berekening van de emissie bij mestaanwending zijn gegevens nodig over de hoeveelheid mest, de soort mest en de plaats van aanwending. Bovendien is, in verband met de mogelijk te kiezen aanwendingsmethode, het van belang om te weten of dit op grasland of bouwland gebeurt. Deze gegevens worden door twee modellen geleverd. Het gaat hier om het mestoverschottenmodel en het mesttransport- en -verwerkingsmodel (Luesink en Van der Veen, 1989).

Het mestoverschottenmodel berekent de mestproduktie de mestoverschotten, het aantal bedrijven met een mestoverschot en de plaatsingsmogelijkheden op de bedrijven met tekorten. Bij de bepaling van deze kengetallen wordt de hoeveelheid mest die op het



Figuur 2.2 Opbouw ammoniakemissie-model en de koppeling met andere modellen



Figuur 2.3 De gebiedsindeling in 31 regio's

bedrijf geproduceerd wordt, vergeleken met de hoeveelheid die op dat bedrijf, gegeven de (wettelijke) bemestingsnormen, kan worden afgezet. Aan de hand hiervan wordt vastgesteld of er sprake is van een mestoverschot of mesttekort en in hoeverre er nog mest op een bedrijf geplaatst kan worden (Luesink en van der Veen, 1989). De mestproduktie wordt berekend op basis van het aantal aanwezige dieren en de mestproduktie per dier. De maximale plaatsingsmogelijkheden worden berekend aan de hand van de bemestingsnormen (uitgedrukt in fosfaat/ha) voor de drie gewassoorten.

De resultaten van het mestoverschottenmodel dienen op hun beurt als invoer voor het mesttransport en -verwerkingsmodel. In dit model wordt een economische afweging gemaakt om mestoverschotten op een verantwoorde wijze af te zetten, te verwerken of te bewerken. Uitgangspunt is dat gestreefd wordt naar minimalisatie van de transport- en/of verwerkingskosten op landelijk niveau. Bij het bepalen van de mestafzet in 31 gebieden moeten keuzen gedaan worden uit vele mogelijkheden. In feite moet voor het overschot van iedere mestsoort uit ieder gebied bepaald worden of dit verwerkt of onverwerkt moet worden afgezet in het gebied zelf, in een ander gebied of buiten Nederland. Daarbij moet worden voldaan aan de eis dat alle mestoverschotten een bestemming krijgen en dat daarbij de geldende normering niet wordt overschreden. Ook de zogenaamde acceptatiegraden zijn van belang. De acceptatiegraad is de verhouding tussen de reële en de theoretische plaatsingsmogelijkheid en geeft aan welk percentage van de theoretische plaatsingsmogelijheid daadwerkelijk benut gaad worden. De acceptatiegraad wordt in Nederland verschillend verondersteld voor tekort-, overgangs- en overschotgebieden. De fosfaatproduktie per ha is in deze gebieden respectievelijk minder dan 70 kg per ha, 70 tot 140 kg per ha en meer dan 140 kg per ha. Op een bedrijf met een overschot zullen de potentiële plaatsingsmogelijkheden maximaal benut worden omdat de afzet van mest vaak met kosten gepaard gaat. Op tekortbedrijven zullen de potentiële plaatsingsmogelijkheden niet steeds volledig benut worden omdat er naast de gehanteerde normering ook andere criteria een rol spelen bij de acceptatie van mest, bijvoorbeeld hygiëne.

Naast deze eisen is dan nog een keuzecriterium nodig. In dit model worden de totale mestkosten (transport, opslag en verwerking) voor heel Nederland geminimaliseerd. Er vindt dus geen kostenminimalisatie op bedrijfsniveau plaats terwijl in werkelijkheid de beslissingen wel op dit niveau worden genomen.

2.4 De rekenregels

2.4.1 De stal

De emissie bij de stal wordt bepaald door het aantal dieren en het huisvestingssysteem. Bij bedrijven met weidend rundvee is bovendien het beweidingsysteem van invloed op de stalemissie.

Immers, wanneer koeien continu op stal staan, zal de stalemissie hoger zijn dan wanneer zij 's zomers buiten lopen. Een deel van de mestexcretie en dus ook van de ammoniakemissie vindt dan tijdens het beweiden plaats. De stalemissie kan beperkt worden door over te gaan op huisvestingssystemen met een lagere emissie en/of door het wegvangen van ammoniak uit de ventilatielucht van de stal. Dit wordt in het vervolg aangeduid met biofiltratie. Voor de berekening van de emissie bij de stal op een bedrijf zijn de volgende gegevens nodig:

- het aantal dieren;
- de verdeling van de dieren over de mogelijke huisvestingssystemen;
- de emissiecoëfficiënt per huisvestingssysteem;
- de stalreductie bij toepassing van biofiltratie;
- het percentage stallen waarbij biofiltratie wordt toegepast;
- voor melk- en kalfkoeien en jongvee het beweidingssysteem.

De emissie wordt in het model als volgt berekend:

$$Es_i = \sum_{j=1,n} \sum_{k=1,2} \sum_{m=1,mm} ((d_i * pstal_{ij} * pbw_{im} * emc_{ijm} * pbio_{ijk} * reduc_{ijk}))$$

i = diersoort
j = huisvestingssysteem
k = al dan niet biofiltratie (pbio(i,j,1)+pbio(i,j,2)=1)
m = beweidingssysteem
mm = aantal beweidingssystemen
n = aantal huisvestingssytemen
Es_i = de stalemissie veroorzaakt door diersoort i
d_i = aantal dieren van diersoort i
$pstal_{ij}$ = fractie van huisvestingssysteem j voor diersoort i
pbw_{im} = fractie van beweidingssysteem m voor diersoort i
emc_{ijm} = emissiecoëfficiënt behorende bij huisvestingssysteem j en diersoort i en beweidingssysteem m
$pbio_{ij1}$ = fractie van de stallen waar geen biofiltratie wordt toegepast (reducij1 is dan 1)
$pbio_{ij2}$ = fractie van de stallen waar biofiltratie wordt toegepast (reducij2 is dan de fractie van de oorspronkelijke emissie die bij biofiltratie optreedt)

De extra jaarkosten van de overgang naar emissie-vriendelijker stallen en de toepassing van biofiltratie worden als volgt berekend:

$$Ks_i = \sum_{j=1}^{m} (d_i * coefd_i * pstal_{ij} * km_{ij})$$

i = diersoort
j = huisvestingssysteem
Ks_i = jaarkosten voor diersoort i bij overgang naar emissievriendelijke huisvestingssystemen

d_i = aantal dieren van diersoort i
$coefd_i$ = omrekeningsfactor van aantal dieren naar aantal dierplaatsen
$pstal_{ij}$ = fractie dat huisvestingssysteem j voor diersoort i voorkomt
km_{ij} = extra jaarkosten per dierplaats voor diersoort i en huisvestingssysteem j

De berekening van de kosten voor biofiltratie gaat volgens dezelfde formule. Hierin is echter kmij vervangen door de kosten van biofiltratie per dierplaats en pstalij door pbioij2, het toepassingspercentage van biofiltratie.

2.4.2 De opslag

De opslag van mest kan plaatsvinden in kelders onder de stal op het erf in mestbassins en soms, bij vaste mest, los op een betonplaat. In dit model wordt met de emissie uit opslag alleen de emissie uit de mestbassins bedoeld. De emissie uit mestkelders is in de emissiecoëfficiënt van de stal opgenomen. De emissie uit opslag kan beperkt worden door de mestopslag af te dekken. Indien de mest tijdens de opslag gemengd wordt, kan de emissie ook beperkt worden door de menging van mest te staken. Vanwege het ontbreken van gegevens over deze mogelijkheid wordt deze laatste methode niet meegenomen in het rekenmodel. Voor de berekening van de emissie van ammoniak uit mestbassins zijn de volgende gegevens nodig:

- grootte van het contactoppervlak van de mest met de lucht;
- emissiecoëfficiënt per oppervlakte-eenheid;
- percentage van de opslag dat afgedekt is;
- beperking van de emissie bij afdekken;
- vervluchtigbaar ammoniakgehalte in de mest na opslag.

Dit laatste punt is nodig voor de berekening van de emissie bij het uitrijden (paragraaf 2.4.3). De berekening van de emissie uit opslag verloopt als volgt:

$$Eo_i = o_i * eco_i * (1-p_i) * ra$$

i = diersoort i
Eo_i = emissie uit opslag veroorzaakt door mest van diersoort i
o_i = oppervlakte van de opgeslagen mest van diersoort i
eco_i = emissiecoëfficiënt per oppervlakte-eenheid behorende bij diersoort i
p_i = fractie van de opgeslagen mest van diersoort i dat afgedekt is
ra = fractie van de emissie uit opslag die na afdekken overblijft

De kosten van de emissiereductie bij opslag worden alleen gevormd door het afdekken. De reden om mest in mestsilo's buiten de stal op te slaan staat los van het verzuringsbeleid. Daarom behoeven de kosten van deze silo's (zonder afdekking) niet toegerekend te worden aan het beleid om deze ammoniakemmissie te reduceren. De kosten van de emissiereductie worden als volgt berekend:

$Ka_i = o_i * p_i * kaf$

i = diersoort i
Ka_i = kosten voor afdekken van mestopslag voor diersoort i
o_i = oppervlakte van de opgeslagen mest van diersoort i
p_i = fractie van de opgeslagen mest van diersoort i die afgedekt is
kaf = kosten voor afdekken per oppervlakte-eenheid mest

2.4.3 Mestaanwending

De omvang van de emissie bij het aanwenden van mest wordt bepaald door de mestsamenstelling (stikstofgehalte in de mest) en de wijze van aanwenden. Zoals eerder vermeld (paragraaf 2.1) wordt de mestsamenstelling bepaald door de diersoort, het huisvestingssysteem en het voerrantsoen. De emissiereductie bij verschillende aanwendingsmethoden berust het algemeen op het terugdringen van de blootstellingsduur van de mest aan de lucht. Zo wordt bij mestinjectie, waar de mest direct onder de graszode wordt gebracht, een reductie van 90% bereikt ten opzichte van de normale aanwendingsmethode (oppervlakkige aanwending).

Voor de emissieberekeningen zijn de volgende kentallen nodig:

- het gehalte potentieel vervluchtigbaar ammoniak in de mest;
- per aanwendingsmethode een toepassingspercentage;
- de emissie per inwerkmethode;
- de hoeveelheid uit te rijden mest.

Het maximaal vervluchtigbaar ammoniak in de mest moet vooraf worden berekend aan de hand van het fosfaatgehalte in de mest. Onbekend is namelijk de hoeveelheid stikstof in de uit te rijden mest per dier. Het fosfaatgehalte en de verhouding stikstof/fosfaat in de mest zijn wel per dier bekend (de Winkel, 1988). Met deze twee gegevens is de totale hoeveelheid stikstof in de mest af te leiden. Immers dit is dan het produkt van de mestproduktie per dier, het fosfaatgehalte en de verhouding stikstof/fosfaat. Stikstof is in de mest aanwezig in organische en anorganische vorm. Het organisch stikstof is weer onder te verdelen naar mineraliseerbare en niet-mineraliseerbare stikstof. De mineraliseerbare stikstof vormt de potentiële hoeveelheid ammoniak in de mest. De verhouding tussen het mineraliseerbare deel en het totaal aan stikstof wordt verondersteld constant te zijn. Wanneer deze verhouding met de hoeveelheid stikstof in de mest per dier

vermenigvuldigd wordt, levert dit de potentiële hoeveelheid vervluchtigbaar ammoniak per dier. Nu is het zo dat de verhouding stikstof/fosfaat in de mest varieert per huisvestingssysteem. In het model wordt het huisvestingssysteem variabel ingevoerd. Daardoor is afhankelijk van het gekozen huisvestingssysteem elke keer opnieuw de potentiële hoeveelheid vervluchtigbaar ammoniak te berekenen. Dit gebeurt in twee stappen. Om te beginnen wordt het vervluchtigbaar ammoniak per eenheid fosfaat per diersoort per huisvestingssysteem berekend en wel als volgt:

$$Vap_{ij} = NmN_i * NP_{ij}$$

i = diersoort
j = huisvestingssysteem
Vap_{ij} = vervluchtigbaar ammoniak per eenheid fosfaat voor diersoort i en huisvestingssysteem j
NmN_i = verhouding tussen mineraliseerbaar stikstof en totaal stikstof voor diersoort i
NP_{ij} = verhouding tussen het totaal stikstof en fosfaat per diersoort en per huisvestingssysteem

Daarna wordt het potentieel vervluchtigbaar ammoniak berekend

$$NH3max_i = \sum_{j=1,n} Vap_{ij} * P2O5_{ij} * mest_i * pstal_{ij}$$

i = diersoort
j = huisvestingssysteem
$NH3max_i$ = potentieel vervluchtigbaar ammoniak in de mest voor diersoort i
Vap_{ij} = vervluchtigbaar ammoniak per eenheid fosfaat voor diersoort i en huisvestingssysteem j
$P2O5_{ij}$ = fosfaatgehalte per ton mest per huisvestingssysteem
$mest_i$ = mestproduktie per diersoort
$pstal_{ij}$ = fractie van toepassing van huisvestingssysteem j voor diersoort i

De hoeveelheid mest per diersoort die aangewend moet worden, wordt geleverd door het mestoverschotten- en mesttransportmodel (paragraaf 2.3). De uitvoer van deze twee modellen zijn de hoeveelheden aangewende mest van een bepaalde diersoort per gewas (snijmais, grasland, bouwland) en per regio. De berekening van de emissie bij het aanwenden van mest wordt dan:

$$Ea_i = NH3max_i * \left(\sum_{j=1,n} \sum_{l=1,ll} \sum_{m=1,mm} (pbew_{il} * coef_l * pgew_{ijm}) \right)$$

i = diersoort
j = huisvestingssysteem
l = methode van mestaanwending
ll = aantal mestaanwendingsmethoden

n = aantal huisvestingssytemen
m = beweidingssysteem
mm = aantal beweidingssytemen
Ea_i = de emissie bij mestaanwending voor mest van diersoort i
$NH3max_i$ = maximaal vervluchtigbaar ammoniak in de mest voor diersoort i
$pbew_{il}$ = fractie toepassing van mestaanwendingssysteem l voor mest afkomstig van diersoort i
$coef_l$ = fractie ammoniakvervluchtiging bij aanwendingssysteem l
$pgew_{ijm}$ = mest afkomstig van diersoort i en huisvestingssyteem j dat op gewas m afgezet wordt

Door nu te kiezen voor mestaanwendingsmethoden met een hoge emissiereductie kan de emissie bij het uitrijden worden beperkt. De berekening van de kosten voor mestaanwending verloopt in principe op de volgende wijze :

$$Kma_i = \sum_{m=1,mm} \sum_{l=1,ll} (pbew_{il} * ha_m * kaw_l)$$

i = diersoort
l = mestaanwendingsmethode
ll = aantal aanwendingsmethoden
m = gewas
mm = aantal gewassen
Kma_i = de kosten voor de aanwending van mest afkomstig van diersoort i
$pbew_{il}$ = fractie toepassing van mestaanwendingsmethode l voor mest afkomstig van diersoort i
ham = oppervlakte van gewas m
kaw_l = de kosten van aanwendingsmethode l per ha

Het uitgangspunt van deze berekeningsmethode is aan de kosten per ha zijn samengesteld uit de vaste kosten en de variabele. Vaste kosten zijn bijvoorbeeld de rente en afschrijving van de aangeschafte machines. Een voorbeeld van de variabele kosten zijn de kosten die varieren bij een verschillende intensiteit van gebruik op een ha, zoals het brandstofverbruik en de arbeidskosten. Wanneer bij een bepaalde aanwendingsmethode de vaste kosten niet uit te drukken zijn in de kosten per ha dan wordt in het model een extra module opgenomen om deze vaste kosten op de juiste wijze in de berekening mee te nemen.

2.4.4 Beweiding

De emissie bij het weiden wordt bepaald door de tijdsduur waarin een koe op het gras verblijft. Als een koe beperkt geweid wordt (overdag buiten, 's nachts op stal), komt er minder mest op het grasland dan wanneer ze continu in de wei is. Minder mest op het grasland betekent meer mest in de stal en meer mest om uit te rijden. Verlaging van de emissie bij het weiden door het vee op

stal te zetten, betekent dus een verhoging van de stalemissie en de emissie bij de aanwending van mest. Voor de berekening van de weide-emissie is informatie nodig over:

- beweidingssysteem;
- aantal dieren;
- weide emissiecoëfficiënt per beweidingssysteem;
- procentuele verdeling van de dieren over de beweidingssystemen.

De berekening verloopt dan als volgt:

$$Ew_i = \sum_{m=1,mm} (d_i * pbw_{im} * emw_{im})$$

i = diersoort
m = beweidingssysteem
mm = aantal beweidingssystemen
Ew_i = emissie die bij het weiden optreed bij diersoort i
d_i = aantal dieren van diersoort i
pbw_{im} = fractie toepassing van beweidingssysteem m voor diersoort i
emw_{im} = weide-emissiecoëfficiënt bij beweidingsysteem m voor diersoort i

Het mesttransport- en verwerkingsmodel levert onder andere de hoeveelheid uit te rijden rundveemest op. Het mestmodel geeft als uitvoer de totale rundveemestproduktie. Deze hoeft natuurlijk niet allemaal uitgereden te worden. Immers een deel van deze mest valt al in de wei. Om hiervoor te corrigeren wordt bij het inlezen van de hoeveelheden uit te rijden mest een correctie uitgevoerd door de hoeveelheid rundveemest met een bepaalde factor te vermenigvuldigen. De grootte van deze factor is afhankelijk van het beweidingssysteem. Twee extreme voorbeelden zijn: als 100% onbeperkt geweid wordt is deze factor 0.5 en als 100% zomerstalvoedering plaatsvindt, is deze factor 1.0.

3. Uitgangspunten van de berekeningen

3.1 Algemeen

In het vorige hoofdstuk zijn de rekenregels besproken waaruit het model is opgebouwd. Dit hoofdstuk handelt over de benodigde data voor het uitvoeren van de berekeningen en de uitgangspunten die achter deze data liggen. Eerst zal worden ingegaan op de data en de achterliggende uitgangspunten die gebruikt worden bij het mestoverschotten- en -transportmodel. Vervolgens zullen de ammoniakemissiecoëfficiënten, de kosten en andere aspecten, die ammoniakemissie bepalen worden behandeld.

De coëfficiënten van de ammoniakemissie en de daarvan afgeleide maatregelen zijn in belangrijke mate gebaseerd op de kennis die men in 1986 over deze materie had. Uit het lopend onderzoek komen momenteel beter onderbouwde uitgangspunten en mogelijke maatregelen ter beschikking. Deze nieuwe inzichten zijn in dit rapport niet meegenomen maar zijn in een actualisatie van het onderzoek verwerkt. Om deze reden moeten de resultaten van dit onderzoek met de nodige voorzichtigheid worden gebruikt.

3.2 De mestmodelberekeningen

Om de mestoverschotten te kunnen berekenen, zijn de mestproduktie, de fosfaatproduktie per dier (tabel 3.1) en de mestnormering van belang. Hiermee kunnen de mestproduktie, het mestoverschot en/of het mesttekort berekend worden.

Tabel 3.1 De onderscheiden diersoorten in het ammoniakemissiemodel met de fosfaat-, stikstof- en mestproduktie in kg/jaar/gem.aanw.dier

Diersoort	Mestprod.	P2O5	N*
Rundvee	22000	43.3	145.0
Vleeskalveren	3500	5.3	10.5
Vleesvarkens	1700	6.6	11.5
Fokvarkens	5400	19.4	21.6
Legkippen * 100 (nat)	6300	50.0	66.5
Legkippen * 100 (droog)	1800	50.0	43.7
Slachtkuikens	1000	24.0	26.0

*) Stikstofgehalte in de mest na een normale bewaarperiode.
Bron: (Dierlijke mest, 1987 en N- en P-uitscheiding bij verschillende melkprodukties, 1988).

De mestnormeringen zijn tot het jaar 2000 vastgelegd (AMvB, 1985). Het gaat hier om de normering voor 1986, 1991 en 1995. Voor het jaar 2000 moet de normering nog gesteld worden. Bij de berekeningen voor het jaar 2000 is daarom voor alle gewassen een norm van 125 kg P2O5 per ha verondersteld. Voor deze norm is gekozen omdat de overschotheffing gebaseerd is op 125 kg.

Tabel 3.2 De fosfaatnormering voor snijmais, grasland en bouwland in kg P2O5 per ha voor de vier verschillende fasen/jaren

Gewas	1e fase 1986/1990	2e fase 1991/1995	3e fase 1995/2000	4e fase vanaf 2000
Snijmais	350	250	175	125
Grasland	250	200	175	125
Bouwland	125	125	125	125

Het mesttransportmodel berekent onder andere hoeveel mest in een bepaald gebied afgezet kan worden. Voor deze berekening is naast de fosfaatnorm ook de bereidheid om mest van "vreemden" op het land te (laten) verspreiden van belang. Bij de berekeningen wordt gesproken van "hoge" en "lage" acceptatiegraden. In feite geldt "hoog" en "laag" alleen voor de acceptatie bereidheid met betrekking tot mest in gebieden met een mesttekort. Door in de loop van de jaren deze acceptatiebereidheid te laten toenemen, zal er meer mest afgezet kunnen worden, zodat het netto mestoverschot afneemt. De gehanteerde acceptatiegraden staan vermeld in tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hoge en lage acceptatiegraden in procenten van berekende plaatsingsmogelijkheden in de verschillende soorten gebieden

Gewas	Soort gebied					
	overschot		overgang		tekort	
	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag
Snijmais	90	100	90	100	90	100
Grasland	90	100	50	30	50	10
Bouwland	90	100	50	50	50	25

Tabel 3.4 De emissiecoëfficiënten (kg NH3 per gem. aanwezig dier per jaar) voor de verschillende staltype, onderscheiden naar diersoort

Diersoort/huisvestingssysteem	Emissiecoëfficiënt
Rundvee	
melk- en kalfkoeien *)	8,8
jongvee tot ca. 2 jaar *)	3,9
vleeskalf	1,6
vleesstieren	5,7
Varkens	
fokzeugen, incl. biggen tot ca. 25 kg	8,1
opfokzeugen van ca. 25 kg tot ca. 7 mnd	
- volledig roostervloer	2,0
- gedeeltelijk roostervloer, gehele hok ondergekelderd zonder stankafsluiter	2,0
- overig gedeeltelijk roostervloer (inclusief Deense stal)	1,0
opfokzeugen van ca. 7 mnd tot eerste dekking	4,2
opfokberen van ca. 25 kg tot ca. 7 mnd	**)
dekberen, ca. 7 mnd en ouder	5,5
vleesvarkens(evenals opfokberen)	
- volledig roostervloer	2,5
- gedeeltelijk roostervloer, gehele hok ondergekelderd zonder stankafsluiter	2,5
- overig gedeeltelijk roostervloer (inclusief Deense stal)	1,3
Kippen	
opfokhennen en -hanen van legrassen; jonger dan ca. 18	
- open mestopslag onder de batterij	0,184
- mestbandbatterij met afvoer naar gesl. put, natuurl. vent.	0,023
- idem met mechanische ventilatie	0,107
- batterij met geforceerde mestdroging (kanalenstal)	0,231
- mestbandbatterij met geforceerde mestdroging	0,017
- grondhuisvesting (strooiselvloer, roostervloer)	0,107
legkippen (evenals (groot)ouderdieren van legrassen	
- open mestopslag onder de batterij	0,318
- mestbandbatterij met afvoer naar gesl.put, natuurlijke vent.	0,041
- idem met mechanische ventilatie	0,187
- batterij met geforceerde mestdroging	0,398
- mestbandbatterij met geforceerde mestdroging	0,030
- grondhuisvesting (strooiselvloer, roostervloer)	0,184
opfokhennen en -hanen van slachtrassen; jonger dan ca. 19 w.	0,142
ouderdieren van slachtrassen	0,314
slachtkuikens	
- niet geïsoleerde vloer	0,208
- geïsoleerde vloer	0,144

*) De emissie heeft betrekking op een stalperiode van oktober tot mei (180 dagen) .

**) Zie vleesvarkens.

Bron: (Werkgroep Emissiefactoren, 1987).

3.3 De emissieberekeningen

3.3.1 De stal

Voor de berekeningen van de stalemissie is gewerkt met de coëfficiënten die door de Werkgroep Emissiefactoren zijn opgesteld (De Winkel, 1988). Deze factoren die ook in de Ecologische richtlijn worden gebruikt, zijn weergegeven in tabel 3.4.

Deze factoren zijn berekend aan de hand van de stikstofinput, de vastlegging van stikstof in het dier en in bijprodukten (melk, eieren) en het stikstofgehalte in de mest. Op grond daarvan is bepaald wat per dier aan ammoniak vervluchtigt. Door over te gaan op een huisvestingssysteem met een lagere emissie kon de stalemissie beperkt worden. Een andere mogelijkheden is de ventilatielucht van ammoniak te zuiveren. Van de verschillende zuiveringstechnieken die daarvoor beschikbaar zijn, blijkt het rendement en de kosten niet al te veel verschillen. In deze studie wordt biofiltratie als representatief voorbeeld gebruikt. Bij de berekeningen is er vanuit gegaan dat biofiltratie alleen bij varkens- en pluimveestallen kan worden toegepast. Deze stallen worden via speciale luchtkanalen geventileerd. Bij de stallen van melk- en kalfkoeien bestaat de stalventilatie uit open deuren en/of ramen. Omdat biofilters in of op ventilatiekanalen gezet worden, is biofiltratie bij rundveestallen moeilijk toepasbaar. In de praktijk blijkt dit vaak lager te liggen. Voorts is ervan uitgegaan dat bij biofiltratie de stalemissie met 85% beperkt wordt.

3.3.2 De opslag

Bij het opzetten van het model waren geen gegevens over de (in de toekomst benodigde) opslag buiten de stal beschikbaar. De emissie uit mestopslag buiten de stal is daarom bij de berekeningen in dit rapport niet meegenomen.

3.3.3 Mestaanwending

Er worden bij de berekeningen vier aanwendingsmethoden van mest onderscheiden, waarvan één met twee mogelijkheden (tabel 3.5).

Tabel 3.5 Overzicht van mestaanwendingsmethoden met hun toepassingsgebied en vervluchtigingspercentage

Aanwendingsmethode	Toepassing	Vervl.perc.
Oppervlakkig aanwenden	grasl., bouwl., snijm.	50
Onderwerken binnen 12 uur	bouwland, snijmais	20
Onderwerken binnen 36 uur	bouwland, snijmais	36
Inregenen	grasland	20
Injecteren	grasland	5

Bron: (De Winkel, 1988).

Andere mestaanwendingsmethoden, zoals zodebemesting en het verregenen van mest, zijn nog in een experimenteel stadium waardoor hierover nog geen gegevens beschikbaar waren en deze methoden nog niet in berekeningen zijn verwerkt. Wanneer deze gegevens beschikbaar komen, kunnen ze echter eenvoudig in het rekenmodel worden opgenomen. Dat is uiteraard alleen zinvol als de kosten en/of effecten duidelijk afwijken van de hier genoemde methoden.

3.3.4 Beweiding

In het model worden drie beweidingssystemen onderscheiden, namelijk:

- beperkt weiden ;
- onbeperkt weiden;
- zomerstalvoedering.

Beperkt weiden betekent: 's nachts op stal en overdag buiten. Bij de berekeningen van de emissiecoëfficiënten bij de verschillende beweidingssystemen, is er bij beperkt weiden vanuit gegaan dat de koeien om 4 uur 's middags op stal gaan en om 8 uur 's ochtends naar buiten. Met andere woorden ze staan een derde van de dag buiten en twee derde van op stal. Wanneer aangenomen wordt dat de mestproduktie evenredig over de dag verdeeld is, valt dus ook een derde van de mest in de wei en twee derde in de stal. De emissiecoëfficiënten die aangeleverd zijn (De Winkel, 1988) gelden alleen voor onbeperkt weiden (tabel 3.6). Voor beperkt weiden en zomerstalvoedering moeten ze worden omgerekend. In deze paragraaf wordt volstaan met een voorbeeld van hoe de berekening van de emissiecoëfficiënten voor de melk- en kalfkoeien voor beperkt weiden is uitgevoerd. Stel dat alle melk- en kalfkoeien zomers onbeperkt geweid worden, dat wil zeggen ze lopen in de zomer continu buiten. In dat geval valt alle "zomermest" in de wei. Bij beperkt weiden valt twee derde van de "zomermest" in de stal. De stalemissie neemt hierdoor toe evenals de emissie bij het uitrijden. Het verbruikte voer tijdens de stalperiode is anders van samenstelling dan het verse weidegras. Dit heeft gevolgen voor de hoeveelheid uitgescheiden stikstof tijdens de stal- en weideperiode. Bij de omrekening van de emissiecoëfficiënten voor de stal en de wei, wordt met de twee hierboven genoemde punten, rekening gehouden. De extra stalemissie die ontstaat bij beperkt weiden, is het produkt van de extra verblijfperiode in de stal, het stikstofgehalte in de weidemest, het vervluchtigingspercentage van stikstof wat in de stal geldt en de omrekeningsfactor van stikstof naar ammoniak. De berekening is als volgt:

2/3 * 84,7 * 13,2 * 17/14 = 9,1 kg NH3/dier/jaar
2/3 = deel van de dag dat in de stal verbleven wordt
84,7 = kg stikstof in de geproduceerde zomermest
13,2 = fractie van de stikstof in de stalmest dat vervluchtigd
17/14 = omrekeningsfactor van kg N naar kg NH3

De stalemissiecoëfficiënt bij beperkt weiden, is dus gelijk aan de stalemissiecoëfficiënt bij onbeperkt weiden en de weide-emissiecoëfficiënt is gelijk aan een derde deel van de weide-emissiecoëfficiënt bij onbeperkt weiden, namelijk 1/3 * 12,3 = 4,1 kg NH3/dier/jaar

Tabel 3.6 De procentuele verdeling van weidevee naar beweidingssysteem met de berekende emissiecoëfficiënten (kg NH3/dier/jaar) voor de weide en de stal

Weide-systeem	Perc. van de dieren		Emissie			
	melk- en kalf-koeien	jongvee	koeien		jongvee	
			stal	weide	stal	weide
Onbeperkt weiden	44	100	8,8	12,3	2,9	4,2
Beperkt weiden	50	0	17,9	4,1	6,0	1,4
zomerstalvoedering	6	0	22,4	0	7,6	0

Bron: (CAD-bedrijfsuitrusting, 1987, Werkgroep emissiefactoren, 1987).

3.3.5 Voeraanpassing

Door het eiwitgehalte in het voer te verlagen, zal de stikstofexcretie afnemen en hiermee de ammoniakemissie. De gevolgen van aanpassing van het voer voor de ammoniakemissie worden met de volgende aannames in het rekenmodel berekend. Er is alleen aanpassing van het voer verondersteld bij de varkens- en pluimveestapel. De laatste jaren is er ook onderzoek opgestart naar voeraanpassing bij rundvee, maar bij de opzet van de berekeningen was hierover nog onvoldoende bekend.

Er is al enkele jaren een tendens om het fosforgehalte in het voer te verlagen om op deze manier, de mestoverschotten terug te dringen. Omdat de ammoniakproblematiek nauw verweven is met die van de mestoverschotten, is er bij de berekeningen voor gekozen het fosfaatgehalte evenredig met het stikstofgehalte te verlagen. De gehanteerde emissiecoëfficiënten zijn gebaseerd op een bepaalde concentratie stikstof in de mest. Verandering van het stikstofgehalte in de mest leidt daarom tot andere emissiecoëfficieñten. Bij de berekeningen is er van uitgegaan dat het volume van de mestproduktie (en de fosfaatproduktie) evenredig met het stikstofgehalte afneemt. Deze vermindering moet voornamelijk gerealiseerd worden door zorgvuldiger met water om te gaan zodat er minder spoelwater en morswater bij het drinken in de mest komt. Door deze aanpassing blijft de mestsamenstelling constant, waardoor ook de emissiecoëfficiënten per ton mest bij het uitrij-

den niet veranderen. De hoeveelheid uit te rijden mest daalt dan uiteraard evenredig met de verlaging van het stikstofgehalte.

Aanpassing van het voer en daardoor ook van de mestproduktie, heeft ook gevolgen voor de mestoverschottenberekening. Immers hier is de mest- en fosfaatproduktie benodigd als data (paragraaf 3.2). Aan de hand van de herberekende produkties zijn de mestoverschotten en -transporten opnieuw berekend.

3.3.6 Verkleining van de veestapel

Wanneer de veestapel ingekrompen wordt, daalt de mestproduktie en daarmee de ammoniakemissie. Een verplichte inkrimping van de veestapel is in dit onderzoek niet in beschouwing genomen. Maar bij handhaving van het melkquotasysteem en een stijgende melkproduktie per koe, zullen er koeien verdwijnen. Er is voor twee afnamepercentages (25 en 40%) nagegaan wat het effect is op de ammoniakemissie. Dit komt in hoofdstuk 4 aan de orde. Hier wordt verder ingegaan op de achtergronden en aannames de bij die 25 en 40% inkrimping zijn gemaakt.

Wanneer de melkproduktie zich autonoom ontwikkelt, produceert een koe zo'n 7500 liter melk in het jaar 2000. De melkveestapel moet dan met 25% ingekrompen worden als het quotasysteem gehandhaafd blijft. Wanneer naast de autonome ontwikkeling nog extra technieken worden toegepast voor de verhoging van de melkproduktie, bijvoorbeeld het BST-hormoon, de melkrobot en/of biotechnologische ontwikkelingen, zal een gemiddelde melkproduktie van 9000 liter per koe mogelijk zijn. Bij handhaving van de superheffing valt dan een verkleining van de melkveestapel te verwachten met 40%. Door deze stijging in de melkproduktieper koe is het nodig meer gras en/of krachtvoer te verstrekken waardoor de uitscheiding van fosfaat en stikstof per dier toeneemt (tabel 3.7).

Tabel 3.7 De hoeveelheden melk en mest in kg per koe per jaar en de bijbehorende procentuele afname van de melkveestapel in 2000 ten opzichte van 1986

Melkproduktie	P2O5	N	Mestvolume	Mutatie in de melkveestapel
6000	43,0	145,0	22000	0
7500	47,1	164,3	23760	-25%
9000	54,3	180,0	27500	-40%

Bron: N- en P-uitscheiding bij verschillende melkprodukties, 1988.

Door de afname van de melkveestapel daalt de emissie bij de stal, het beweiden en het uitrijden. De berekening van de stal-

en weide-emissie bij een afnemende melkveestapel is identiek aan de emissieberekening zoals in paragraaf 2.4.1 en 2.4.4 beschreven is. Alleen worden deze berekende emissies nu vermenigvuldigd met het percentage dieren in 2000 ten opzichte van 1986. Bij de berekening van de emissie bij het uitrijden moet rekening worden gehouden met de afname van de totale mest- en fosfaatproduktie. Deze afname is van invloed op de mesttransportstromen tussen de ver-schillende regio's. Als invoer voor het mesttransportmodel moet de mest- en fosfaatproduktie bij een gegeven afname van de melkveestapel, met dat afnamepercentage gecorrigeerd worden. De emissieberekening bij het uitrijden verloopt dan verder zoals vermeld in paragraaf 2.4.3.

3.4 De kostenberekeningen

3.4.1 De stal

Emissie-vriendelijke stallen kunnen verplicht versneld ingevoerd worden of via de normale vervanging van stallen. Versneld invoeren betekent kapitaalvernietiging. Immers de oude stallen hadden nog langer meegekund. Wanneer emissie-vriendelijke stallen via de normale vervanging ingevoerd worden, vindt deze kapitaalvernietiging niet plaats. De nieuwe stallen vergen grotere investeringen dan de "normale" stallen. Ze maken daarentegen ook betere technisch resultaten mogelijk en verbruiken minder energie. De extra huisvestingskosten worden dus vrijwel volledig gecompenseerd door een beter saldo. Bij de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de stallen via de normale afschrijvingsprocedure vervangen gaan worden. Om deze reden worden aan de veranderingen van huisvestingssystemen in het model geen extra kosten verbonden. Een uitzondering hierop vormt de isolatie van vloeren bij slachtkuikenstallen. Ook bij invoering van geïsoleerde vloeren bij normale vervanging, zal dit een additionele investering betekenen. De kosten hiervoor zijn geschat op ƒ 0,15 per slachtkuikenplaats (VZ, 1988).

De kosten voor biofilters worden veroorzaakt door de rente en afschrijving, en de extra benodigde electriciteit, arbeid en onderhoud. Door de hogere tegendruk die de lucht krijgt in het filter, is meer kracht nodig om dezelfde hoeveelheid lucht erdoor te krijgen. Hierdoor zijn grotere ventilatoren met een hoger stroomverbruik nodig. Op dit moment zijn de jaarkosten van biofiltratie ƒ 20,- à ƒ 30,- per afgeleverd mestvarken. Dat is zo'n ƒ 60,- per mestvarkensplaats. Bij leghennen zijn de jaarkosten ƒ 12,- à ƒ 16,- per 1000 geproduceerde eieren (VZ, 1988). Voor de overige diersoorten zijn de kosten voor biofiltratie niet bekend. Daarom moet een methode worden ontwikkeld om de bekende kosten te vertalen naar de kosten voor biofiltratie voor andere diersoorten. Dat is op de volgende wijze opgelost. De kosten bij biofiltratie worden onder andere gevormd door de vervanging van het

vulmateriaal en de spoelvloeistof. Naarmate meer ammoniak gefiltreerd wordt, zal het filter vaker ververst moeten worden. Met andere woorden naast de vaste kosten van afschrijving en rente zijn er nog variabele kosten die samengaan met de hoeveelheid gefiltreerd ammoniak. De kosten voor biofiltratie voor vleesvarkens wordt nu omgezet naar de kosten voor biofiltratie per kg geproduceerd ammoniak. Daarna wordt voor elk type varken de totale ammoniakproduktie berekend. Met behulp van de kosten per kilo geproduceerd ammoniak voor vleesvarkens kunnen de kosten voor de overige varkenstypen worden bepaald. Voor pluimvee is op dezelfde manier te werk gegaan. Bijvoorbeeld een leghen produceert 270 eieren per jaar. De kosten per leghen zijn dan (270/1000)*14 gulden is 3,78 gulden per jaar. Een leghen produceert x kg ammoniak per jaar, een slachtkuiken y kg per jaar. De kosten voor biofiltratie voor een slachtkuiken zijn dan 3,78 gulden maal y/x.

3.4.2 De opslag

Op het moment van de berekeningen waren geen gegevens over de (toekomstige) hoeveelheden opgeslagen mest buiten de stal en de kosten van afdekken bekend. Opslag van mest buiten de stal is daarom niet in de berekeningen opgenomen.

3.4.3 Mestaanwending

Bij het bepalen van de kosten van de mestaanwending zijn drie alternatieven onderscheiden: onderwerken op bouwland, inregenen en injectie.

De kosten voor *onderwerken van mest op bouwland* hangen af van de grondsoort (klei of zand). Indien er sprake is van klei dan zal zoveel mogelijk het inwerken worden gecombineerd met een hoofdgrondbewerking. Hiervoor is meer afstemming nodig en soms is de combinatie zelfs niet mogelijk. De kosten zijn daarom op *f* 50,- per ha gesteld. De kosten voor het onderwerken op bouwland op zand zijn hoger omdat daar veelal een extra bewerking moet plaatsvinden. De kosten zijn hierbij gesteld op *f* 200,- per ha (VZ, 1988). In de gebruikte databronnen zijn geen gegevens beschikbaar over de grondsoort waarop bouwland ligt. In het programma zijn de eenendertig regio's in drie categorieën ingedeeld: 100% zandgebied, 100% kleigebied en 50% zand, 50% kleigebied. Hierbij zijn veen en löss tot klei gerekend (bijlage 2).

De kosten voor *inregenen van mest* worden gevormd door de vaste jaarkosten per oppervlakte-eenheid, de arbeidskosten per oppervlakte-eenheid en de kosten per mm beregeningsgift (VZ, 1988). Bij de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat per hectare 15 ton mest per keer wordt ingeregend en dat hiervoor 10 mm beregeningsgift noodzakelijk is. Inregenen heeft als voordeel dat een hogere grasopbrengst mogelijk is en er op kunstmest bespaard kan worden. Bij de berekeningen wordt met een maximale opbrengst verhoging van *f* 100,- per ha gerekend. De minimale kosten voor het

inregenen zijn dan de kosten voor het inregenen verminderd met de opbrengst. De maximale kosten zijn de kosten zonder aftrek van de opbrengstverhoging. De vaste kosten zijn per ha ƒ 270,- en de variabele kosten zijn bij een mestgift van 15 ton ƒ 40,- per ha. Bij een mestgift van 30 ton zijn de maximale kosten ƒ 270 + 2 x ƒ 40 = ƒ 350,-. De minimale kosten zijn ƒ 100,- lager.

Bij *mestinjectie* wordt gerekend met de meerkosten voor arbeid en mechanisatie (ƒ 2,- à ƒ 4,-) per m3 geïnjecteerde mest. Omdat de kosten voor injectie per m3 mest zijn gegeven en in het model met tonnen mest wordt gerekend, moet voor de kostenberekening het aantal tonnen mest op basis van het soortelijk gewicht omgezet worden naar het aantal kubieke meters mest.

3.4.4 Beweiding

Wanneer de weide-emissie beperkt wordt door het vee op stal te zetten, zal meer mest uitgereden moeten worden en zal het vee in de stal moeten worden gevoerd (zomerstalvoedering). Dit vergt een grotere mechanisatie en meer arbeid (elke dag gras maaien en in de stal voeren). Aan deze maatregel zijn dus kosten verbonden. Omdat hier geen gegevens over beschikbaar waren, zijn deze kosten niet meegenomen in de berekeningen en worden ze bij de resultaten als PM-post aangegeven.

3.4.5 Voeraanpassing

Voor de berekening van de kosten van aanpassing van het voer wordt het door het LEI ontwikkelde mengvoermodel gebruikt. Dit model berekent het optimale mengvoederpakket voor de gehele Nederlandse veestapel. Met andere woorden, in Nederland wordt een centrale mengvoerfabriek verondersteld waar de optimale samenstelling van de jaarproduktie van het benodigde mengvoerpakket wordt vastgesteld (v.d Veen, Blom, Luesink, 1989). In werkelijkheid zijn er natuurlijk meerdere fabrikanten. Het model moet dan ook gezien worden als een hulpmiddel om aan te geven en te verklaren bij welke mineralenverlaging, stijging van de kosten optreedt. In deze studie wordt alleen de samenstelling van het voederrantsoen van de intensieve veehouderij aangepast. Door minder nutriënten aan de dieren te verstrekken daalt de uitscheiding van de mineralen (mestproduktie).

3.4.6 Verkleining van de veestapel

Uit paragraaf 3.3.6 blijkt dat in dit onderzoek alleen gesproken wordt over daling van de omvang van de veestapel in de vorm van inkrimping van de melkveestapel. Dit onder specifieke condities en wel handhaving van het quotasysteem en een bepaalde ontwikkeling in de melkproduktie per koe. Het kostenaspect van dergelijke ontwikkelingen houdt geen verband met het beleid ter vermindering van de ammoniakemissie en behoeft daaraan dus ook niet toegerekend te worden. Gerekend is met een maximale inkrimping van 40%.

4. Effecten van afzonderlijke maatregelen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden voor verschillende ammoniakemissie bestrijdende maatregelen het effect op de emissie en de daaraan verbonden kosten aangegeven. Wanneer deze effecten en kosten bekend zijn, kunnen via bepaalde combinaties van maatregelen scenario's opgesteld worden, om na te gaan hoe de emissiedoelstelling van 50% emissiereductie in het jaar 2000 ten opzichte van 1980 bewerkstelligd kan worden. De kennis over de technieken om de ammoniakemissie te bestrijden, neemt de laatste jaren snel toe. Bij de opzet van het model waren een aantal maatregelen die op dit moment sterk de aandacht trekken nog onbekend. Bijvoorbeeld de zodebemester of zode-injecteur, de mogelijkheden en onmogelijkheden van mestinjectie en de mogelijkheden van het verstrekken van eiwitarme ruwvoeders aan het melkvee. Aan deze maatregelen is in dit rapport geen aandacht geschonken, maar in het vervolgonderzoek zullen ze uitgebreid aan de orde komen.

De maatregelen die hier aan de orde komen, zijn onder te verdelen naar maatregelen die aangrijpen bij de stal, de beweiding en de wijze van mestaanwending. Daarnaast zijn er nog twee maatregelen die hier bekeken zullen worden namelijk:

- een daling van de mestomvang van de melkveestapel als gevolg van de melkquotasysteem;
- een verlaging van het fosfor- en het stikstofgehalte in de mest van varkens en pluimvee door verlaging van het mineralengehalte in het voer.

De berekende emissie bij toepassing van de verschillende maatregelen is afgezet tegen de emissie in 1986 (tabel 4.1). De ammoniakemissie in 1986 is ongeveer 2% lager dan in 1980

Tabel 4.1 De ammoniakemissie in 1986 naar plaats van emissie en diertype (milj. kg NH3)

Diertype	Stal en opslag	Weide	Uitrijden	Totaal	
				kg	%
Rundvee	42	25	73	140	58
Mestkalveren	1	0	3	4	2
Mestvarkens	14	0	31	45	19
Fokvarkens	12	0	12	24	10
Leghennen	9	0	9	18	7
Slachtkuiken	8	0	2	10	4
Totaal	86	25	130	241	100

(De Winkel, 1987). Hierdoor is een reductie van 50% ten opzichte van 1986 vrijwel vergelijkbaar met een zelfde reductie ten opzichte van 1980. Dit geldt voor de emissie op nationaal niveau; regionaal kunnen er wel sterke verschuivingen zijn opgetreden.

De rundveesector is de grootste emissiebron (58%), gevolg door varkenssector (29%). Bij de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een aantal uitgangspunten (zie tabel 4.2). Zo wordt ten aanzien van het mestprobleem, uitgegaan van de eerste fase in de mestnormering en lage acceptatiegraden (zie paragraaf 3.3.2).

*Tabel 4.2 De uitgangspunten en percentages van toepassing van maatregelen bij de emissieberekeningen voor 1986 en voor de optimale situatie in 2000 *)*

Aandachtspunt	Jaar	
	1986	2000
Mestnormering	1e fase	4e fase
Acceptatiegraden	laag **)	hoog
Inwerken op bouwland en maisgrond		
- dag na het uitrijden	100%	
- op dezelfde dag		100%
Aanwending op grasland		
- inregenen	0	
- injecteren	0	100%

*) Huisvesting zie bijlage 1.

**) Voor de werkelijke waarde van de gehanteerde acceptatiegraden wordt verwezen naar tabel 3.3

In de volgende paragrafen wordt per categorie maatregelen aangegeven hoe de maatregelen werken, wat de invloed is op de ammoniakemissie en wat de eventuele kosten van de maatregelen zijn. In de paragrafen worden alleen de gegevens op nationaal niveau weergegeven. De cijfers op regionaal niveau zijn vermeld in bijlage 3.

4.2 Beperking van de stalemissie

In deze paragraaf worden de effecten van technische aanpassingen van de stallen van slachtkuikens, pluimvee en mestvarkens op de emissie besproken. Gekeken wordt naar de invloed van aanpassingen op de ammoniakemissie en de kosten ervan. Ook wordt aandacht besteed aan de toepassing van biofilters bij varkens en pluimveestallen. Per staltype wordt één maatregel doorgerekend, de zogenaamde maximum variant. Dat is de variant waarbij de ver-

deling van de dieren over de verschillende huisvestingssystemen is gebaseerd op de geschatte verdeling voor het jaar 2000 volgens de Werkgroep Emissiefactoren (bijlage 1) (Werkgroep Emissiefactoren, 1987).

De technische maatregelen bij de stallen zijn gebaseerd op het terugdringen van de ammoniakemissie uit de mest in de stal. Hierdoor wordt de ammoniakconcentratie in de achterblijvende en later uit te rijden mest hoger dan wanneer de maatregelen niet toegepast zouden worden. Bij het uitrijden van mest neemt daardoor de emissie toe. Het nettoresultaat is evenwel dat de emissie door deze aanpassingen afneemt (tabel 4.3), zij het dat deze afname gering is.

Tabel 4.3 Ammoniakemissie in miljoen kg bij aanpassing van de huisvesting per diersoort

	1986	Diersoort			
		slacht-kuikens	legpluim-vee	varkens	alle
Stal en opslag	86	84	82	81	74
Weide	25	25	25	25	25
Uitrijden	130	130	129	131	130
Totaal	241	239	236	237	229
kg NH3/ha	65	64	63	63	62
% reductie		1	2	2	5
Kosten in milj		7,7			7,7

Doordat mest tussen de regio's getransporteerd wordt kan in bepaalde gebieden de emissie door deze maatregelen bij de stal toenemen. Een voorbeeld hiervan is Zeeuws Vlaanderen waar veel van de mest uit Brabant naartoe wordt getransporteerd. Wanneer huisvestingsmaatregelen worden toegepast, neemt in Brabant de stalemissie af. De emissie bij mestaanwending neemt in Brabant absoluut gezien veel minder toe omdat door mesttransport een gedeelte van de mest niet in Brabant zelf aangewend wordt maar bijvoorbeeld in Zeeuws Vlaanderen. Hier neemt de emissie bij het aanwenden van mest dus toe en deze toename is sterker dan de reductie die optreedt bij de daar (beperkt) aanwezige stallen.

Biofilters filteren onder andere ammoniak uit de stallucht wanneer deze lucht via het ventilatiesysteem de stal verlaat. Door deze luchtbehandeling wordt de emissie van de stal met 85% gereduceerd. Aangenomen is dat biofilters alleen bij varkens- en pluimveestallen geplaatst worden (zie paragraaf 3.3.1). Wanneer

bij alle varkens en pluimveestallen biofilters worden toegepast is de totale reductie zo'n 15% (tabel 4.4). De jaarkosten van deze reductie bedragen 1 tot 1,5 miljard gulden.

Tabel 4.4 Ammoniakemissie in milj. kg voor 1986 en bij een situatie met 100% toepassing van biofilters op pluimvee- en varkensstallen

	1986	100% biofilters
Stal en opslag	86	51
Weide	25	25
Uitrijden	130	130
Totaal	241	206
kg NH3/ha	65	56
% reductie		15
Kosten in milj.		1,120-1,620

Biofiltratie heeft landelijk gezien slechts een beperkt effect op de totale emissie omdat de stalemissie van pluimvee en varkens daarin een aandeel van slechts 20% heeft. Regionaal kan biofiltratie wel groot effect hebben. Zo is vanwege de concentratie intensieve veehouderij in de Peel en het Land van Cuyck een reductie van de totale ammoniakemissie van 40% mogelijk bij 100% toepassing van biofilters tegenover een reductie van 1% in de Flevopolders.

4.3 Beperking van de emissie bij het uitrijden

Door mest korter aan de lucht bloot te stellen tijdens het uitrijden kan de ammoniakemissie gereduceerd worden. In deze paragraaf wordt op drie mestaanwendingstechnieken ingegaan, namelijk, onderwerken van mest op bouwland op de dag van het uitrijden, mestinjectie bij grasland en mestinregenen bij grasland.

Injecteren is de meest effectieve techniek om de ammoniakemissie tegen te gaan (tabel 4.5). Injectie levert bij 100% toepassing ruim 30% emissiereductie. Mestinjectie is echter in de praktijk niet overal haalbaar omdat sommige gebieden zich hiervoor niet lenen (zware klei- en veengronden). In tabel 4.5 zijn niettemin de effecten aangegeven wanneer 100% van de mest op grasland wordt geinjecteerd. Dit om na te gaan wat het maximale effect zou zijn als bijvoorbeeld in deze gebieden die ongeschikt zijn voor mestinjectie, de zodemester/zodeinjecteur zou worden toegepast.

Tabel 4.5 Ammoniakemissie in milj. kg in 1986 en bij verschillende aanwendingstechnieken van mest op verschillende gewassoorten

	1986	Grasland		Bouwland	Gras- en bouwland
		100% inregenen	100% injectie	100% direct onderwerken	100% inject + 100% dir.ow
Stal en opslag	86	86	86	86	86
Weide	25	25	25	25	25
Uitrijden	130	76	49	112	31
Totaal	241	187	160	221	142
kg NH3/ha	65	50	43	60	38
% reductie		22	34	8	41
Kosten in milj.		330-443	105-209	100	205-309

Het regionale effect van een combinatie van mestinjectie op grasland en direct onderwerken op bouwland hangt af van het percentage bouwland en grasland in die regio. In West Utrecht voegt 100% direct onderwerken op bouwland (reductie 2,4%) niet veel toe aan de maatregel 100% injecteren (reductie 54%), daar al cultuurgrond in West Utrecht grotendeels als grasland gebruikt wordt. De kosten voor onderwerken zijn gelijk aan de situatie van 1986 (namelijk circa 100 miljoen gulden). De mest op de dag van het uitrijden onderwerken kost evenveel als onderwerker op de dag erna (huidige beleid).

4.4 Beperking van de weideemissie

Omdat de rundveehouderij bijna 60% van de ammoniakemissie veroorzaakt (tabel 4.1), wordt er soms over gedacht om het weidend rundvee continu op stal te zetten. Hierdoor treedt geen weideëmissie op. Het resultaat van deze maatregel is dat de totale emissie, vooral door verliezen bij het uitrijden, toeneemt (tabel 4.6). De stalemissie is niet reduceerbaar. De toename bij het uitrijden kan door mestaanwendingsystemen tegengegaan worden. Het netto-effect van 100% rundvee op stal met maximaal toegepaste aanwendingstechnieken levert dan echter nog steeds 4% minder reductie op ten opzichte van uitsluitend aanpassingen in het aanwendingssysteem. Deze maatregel lijkt daarom niet zinvol. Echter, regionaal kan deze "zware" maatregel een beperkte bijdrage leveren, wanneer de uit te rijden mest naar andere regio's getransporteerd wordt.

Tabel 4.6 Ammoniakemissie in milj. kg in 1986 en in de situatie dat het weidend rundvee op stal komt te staan

	1986	100% op stal	100% injectie en onderwerken	100% op stal en injectie + onderw.
Stal en opslag	86	115	86	115
Weide	25	0	25	0
Uitrijden	130	161	31	37
Totaal	241	276	142	152
kg NH3/ha	65	74	38	41
% reductie		115	41	37
Kosten in milj.		p.m.	205-309	p.m.

In dit model zijn de kosten voor deze maatregel als pro-memorie-post opgenomen. Zoals al eerder vermeld (paragraaf 3.4.4) zijn ze er wel kosten meegemoeid.

4.5 Emissiebeperking door voeraanpassing en autonome ontwikkelingen in de melkveestapel

Naast de mogelijkheid van technische ingrepen bij de emissieplaatsen zijn er nog andere mogelijkheden om de emissie te reduceren. Dit kan bijvoorbeeld door vermindering van de mestproduktie door de daling van de omvang van de melkveestapel of een verlaging van het mineralengehalte in het voer (zie paragraaf 3.3.6).

Door het stikstofgehalte in het voer te verlagen en/of de verteerbaarheid van de mineralen te vergroten, kan de stikstofuitscheiding per dier worden beperkt. Er zijn twee mogelijke varianten doorgerekend, namelijk 15% emissiereductie bij stallen en mestaanwending ten gevolge van aanpassing van het voer en een reductie van 30%. Deze voeraanpassing geldt alleen voor het varkens-en pluimveevoer (tabel 4.7). Uit de tabel blijkt dat de autonome ontwikkeling in de melkveestapel (20% afname van de melkveestapel) en de te verwachten ontwikkelingen in de voederindustrie (15% emissiereductie door aanpasing van het voer), al leiden tot 17% emissiereductie op nationaal niveau.

Zoals vermeld in paragraaf 3.4.5 is bij de berekeningen van de kosten van aanpassing van het voer, het gebruikt mengvoermodel mengvoermodel (v.d. Veen, Blom, Luesink, 1988). Het eerste probleem is het kiezen van een uitgangssituatie waar tegen nieuwe varianten afgezet zullen worden. De uitgangspunten van het Ministerie, waarmee in het rekenmodel ammoniakemisie gerekend

Tabel 4.7 Ammoniakemissie in 1986 en na verlaging van het mineralengehalte in het voer en verkleining van de melkveestapel

		Verkleining veestapel		Emissieverm. door voeraanp.		Gecombineerd	
	1986	20%	40%	15%	30%	20%rv 15%vr	40%rv 30%vr
Stal en opslag	86	79	74	80	74	72	62
Weide	25	20	17	25	25	20	17
Uitrijden	130	116	108	121	113	108	91
Totaal	241	215	199	226	212	200	169
kg NH3/ha	65	58	54	61	57	54	46
% reductie		11	17	6	12	17	29
Kosten in milj.				350		350	

wordt en de 0-run die bij het mengvoermodel gebruikt wordt, zijn verschillend (tabel 4.8). Omdat bij een veranderende samenstelling van de veestapel de kosten voor het voerpakket veranderen, is bij de berekeningen van het fasevoer en de maximale run uitgegaan van de samenstelling van de veestapel zoals die in 2000 zal zijn. Omdat deze gegevens vergeleken moeten worden met de 0-run, is daarbij ook van deze samenstelling uitgegaan. Bij de uitgangspunten van het Ministerie is dat niet het geval. De gegevens van het Ministerie berusten op de in- en output van mineralen bij een dier.

Bij het mengvoermodel is het doel om een zo goedkoop mogelijk voedselpakket samen te stellen voor de totale veestapel. Afhankelijk van dit pakket is er een bepaalde mineralenuitscheiding.

Tabel 4.8 De fosfaat- en stikstofgehaltes in de mest (kg/ton) volgens de uitgangspunten van het Ministerie van en de 0-run in het mengvoeronderzoek

Diertype	Ministerie		0-run mengvoer	
	P2O5/ton	N/ton*)	P2O5/ton	N/ton*)
Mestvarkens	3,9	7,3	4.0	8,9
Fokvarkens	3,6	6,1	3.9	6,2
Leghennen	12,5	18,1	8.0	16,3
Slachtkuikens	24,0	33,5	13,6	42,0

*) Vermeld is de stikstofhoeveelheid in de pas geproduceerde mest voorafgaande aan de bewaring.

Wat opvalt is dat er tussen de uitgangspunten vooral bij het pluimvee grote verschillen zitten. Voor verschillende afnames van het fosfaat- en stikstofgehalte in mest zijn de kosten berekend. Eerst is er de overgang naar fasevoer. Deze levert een reductie van 5% op oplevert ten opzichte van de 0-run voor stikstof en fosfaat. Bij de variant waarbij de minimumgrenzen van de hoeveelheid fosfaat en stikstof bereikt zijn, is de reductie 15% (tabel 4.9).

Tabel 4.9 Percentage reductie van stikstof en fosfaat in de mest bij verschillende varianten ten opzichte van de 0-run van het Ministerie en de 0-run van het mengvoermodel (tussen haakjes) en de kosten van de varianten

	Ministerie	0-run	Fasevoer	Maximale run
P2O5	100	90(100)	81(90)	78(86)
N	100	109(100)	104(95)	93(85)
Totale kosten miljoenen guldens		7,08	5,80	6,90
Intensieve veehouderij		5,05	5,20	5,40
Kosten t.o.v. de 0-run			+150	+350

Wanneer gestreefd wordt naar uniformiteit in de berekeningen is de conclusie dat het stikstofgehalte in de mest met maximaal 7% naar beneden kan en dat tevens de kosten van de een verdere daling niet aan te geven zijn. De maximale run wordt dan vergeleken met de 0-run van het Ministerie omdat voor de berekeningen van de ammoniakemissie van deze uitgangspunten is uitgegaan. Wordt van de 0-run in het mengvoermodel uitgegaan, dan kost een aanpassing van 15% zo'n 350 miljoen gulden voor de intensieve veehouderij. De kosten van een reductie van 30% zijn niet te geven omdat deze reductie bij de gehanteerde technische uitgangspunten nog niet mogelijk is (v.d. Veen, Blom, Luesink, 1988).

4.6 Samenvatting

Uit de voorafgaande paragrafen kan afgeleid worden dat mestinjectie de meest effectieve maatregel is en op huisvesting na, ook relatief de goedkoopste (tabel 4.10). Hierbij moet wel worden vermeld dat deze berekeningen betrekking hebben op een toepassingspercentage van injectie op grasland van 100%, terwijl dit in de huidige situatie maximaal 30% zal worden (Wadman, 1988). Door verdere technische ontwikkeling zou echter dit maximum toch haalbaar kunnen worden. Daarnaast zijn de kosten van huisvesting

gebaseerd op de aanname dat de stallen volgens de normale vervangingsprocedure vervangen worden waardoor geen extra kosten gerekend hoeven te worden.

De gegevens zoals die vermeld staan in tabel 3.9 zijn niet optelbaar. Wanneer bijvoorbeeld het voer van varkens en pluimvee aangepast is zodat de uitscheiding van fosfaat en stikstof met 15% afneemt, is het effect van toepassing van biofilters op varkens- en pluimveestallen geringer (13% emissiereductie).

Tabel 4.10 Overzicht van de kosten en de effecten van ammoniakemissie beperkende maatregelen (de kosten in milj. gld.)

Variant	Emissie niveau	Minimale kosten	Minimale kosten per % reductie
1986	100		
Huisvesting	95	8	1,6
Biofilters	85	1120	75
Inregenen (grasland)	78	330	15
Injectie (grasland)	66	105	3
Direct onderwerken	92	100	12,5
Melkvee op stal	115	P.M.	P.M.
Daling melkvee -20%	89	P.M.	P.M.
Daling melkvee -40%	83	P.M.	P.M.
Voeraanpassing 15%	94	350	58
Voeraanpassing 30%	88	P.M.	P.M.

5. Scenarioresultaten

5.1 Algemeen

Eén van de doelstellingen die in het beleidsrapport IMP-lucht 1985-1989 zijn geformuleerd, is de terugdringing van de ammoniakemissie. De emissie van ammoniak moet in het jaar 2000 met 50% zijn afgenomen ten opzichte van 1980.

Het Ministerie van Landbouw en Visserij heeft een aantal toekomstscenario's opgesteld waarmee mogelijk de emissiedoelstelling te realiseren is. Dit hoofdstuk zal verder op deze scenario's ingaan. Aan de orde komen de uitgangspunten, de mestoverschotproblematiek, de resultaten en de kosten die de scenario's met zich meebrengen. De scenario's zijn opgesteld in een tijd dat er minder bekend was over mogelijkheden om de emissie te beperken dan nu. Dit blijkt ook uit de gekozen maatregelen waarmee de scenario's zijn opgesteld. Het afdekken van opslag en aanpassing van het voer bij rundvee komen hier niet aan de orde. Omdat de inzichten in de emissiebeperking snel veranderen, is er bij het opstellen van het rapport voor gekozen alleen in te gaan op de maatregelen die bij de opzet van het model aan de orde gesteld zijn. Omdat de komende tijd nieuwe mogelijkheden en inzichten ter beperking van de ammoniakemissie uit het lopend onderzoek beschikbaar zullen komen, dienen de uitkomsten niet te absoluut geïnterpreteerd te worden. Het zou mogelijk kunnen zijn dat met andere maatregelen hogere reductie bereikt kan worden of eenzelfde redactie tegen lagere kosten.

De scenario's zijn gebaseerd op de verwachte omvang van de veestapel, samenstelling van het voer (verlaging van het fosfaat- en/of stikstofgehalte), methode van mest onderwerken en de vier fasen in de mestnormering (tabel 5.1). Voor het complete inzicht van de uitgangspunten ten aanzien van de huisvestingssystemen wordt verwezen naar bijlage 1.

Bij de varianten zijn maatregelen opgenomen die van invloed zijn op de mestproduktie -samenstelling. Dit heeft weer gevolgen voor de overschotten en transportstromen. Het gaat om de volgende ontwikkelingen en maatregelen:

- vergroting of inkrimping van de veestapel, hetgeen direct invloed heeft op de hoeveelheden mest;
- verlaging van het fosfor- en stikstofgehalte in voer van de intensieve veehouderij waardoor ook de geproduceerde hoeveelheden mest afnemen;
- fasen in de mestnormering. Door de normen voor de fosfaatafzet op verschillende gewassen steeds strakker te hanteren, kan minder mest per ha afgezet worden. Verandering in de acceptatiebereidheid in gebieden met een tekort aan organische mest beïnvloedt de transportstromen van de overgebleven mest;

- afname van de melkveestapel ten gevolge van de contingentering en een stijging in de melkproduktie. Bij een stijgende melkproduktie per koe neemt eveneens de mestproduktie en de fosfaatproduktie per koe toe.

Tabel 5.1 Overzicht van de belangrijkste uitgangspunten van de scenario's

Uitgangspunt	1986	1991	1995	2000	
				5 B	5 CD
Mestnormering(fase)	1e	2e	3e	4e	4e
Acceptatiegraad	laag	hoog	hoog	hoog	hoog
Daling mestproduktie varkens en kippen door aanpassing voer %	-	-15	-30	-30	-30
Aanpassing huisvesting varkens en kippen	-	ja	ja	ja	ja
Inregenen grasland %	-	25	50	50	25
Injectie grasland %	-	-	-	10	75
Direct onderw bouwl. %	-	-		-	100
Ontwikkeling v.h. aantal dieren in % t.o.v. 1986					
rundvee	-	-15	-20	-25	-40
vleeskalveren	-	-22	-22	-22	-22
mestvarkens	-	+6	+6	+6	+6
fokvarkens	-	-9	-9	-9	-9
leghennen	-	-9	-9	-9	-9
slachtkuikens	-	+30	+30	+30	+30

De gevolgen van deze ontwikkelingen en maatregelen voor de mestproduktie en -samenstelling zijn zowel in het overschot en -transportmodel als in het ammoniakmodel meegenomen. In het jaar 2000 zal bij de gehanteerde uitgangspunten vrijwel geen mest verwerkt en/of geëxporteerd hoeven worden (tabel 5.2). Dit wordt veroorzaakt door de hoge acceptatiegraden en een daling van de mestproduktie door een afname van de melkveestapel en een daling van de mestproduktie bij de intensieve veehouderij als gevolg van de voederaanpassingen. Tot het jaar 2000 neemt de mestproduktie af. Door een strengere mestnormering tot het jaar 2000 nemen de mestoverschotten op de bedrijven eerst af en vervolgens weer toe. Het transport van mest tussen de regio's wordt intensiever.

Tabel 5.2 Overzicht van enkele kentallen van de mestoverschotten bij de vijf varianten (in 1000 ton)

	1986	1991	1995	2000	
				5 B	5 CD
Mestproduktie	94	76	76	74	69
Mestoverschotten op bedrijfs-niveau	15	11	12	16	15
w.v. de afzet is gegaan naar:					
export	0	0	0	0	0
verwerking	0	0	0	0	0
andere regio	4	4	4	8	8
eigen regio	11	7	8	8	7

5.2 Emissiebeperking

De belangrijkste vraag is of met de scenario's de 50% emissiebeperking gehaald kan worden. Een reductie van zo'n 59% ten opzichte van 1986 is theoretisch haalbaar (tabel 5.3). Ten opzichte van 1980 is dit ongeveer een reductie van 58 % (De Winkel, 1987). Deze reductie wordt pas bereikt als massaal overgegaan wordt op mestinjectie in grasland. Bij variant 5B neemt de emissie bij het uitrijden met 41% af ten opzichte van 1986. Bij variant 5CD is dit zelfs 82% Hierbij moet niet worden vergeten dat de rundveemestproduktie ten opzichte van variant 5B met vijf miljoen ton gedaald is. Voor de regionale gegevens wordt verwezen naar bijlage 4.

Tabel 5.3 Overzicht van de ammoniakemissie bij verschillende scenario's (in milj. kg NH3)

	1986	1991	1995	2000	
				5 B	5 CD
Stal en opslag	86	72	61	58	55
Weide	25	22	20	20	18
Uitrijden	130	116	82	64	25
Totaal	241	210	163	142	98
kg NH3 per ha	65	57	44	38	26
% reductie t.o.v. 1986		13	32	41	59

Wordt de emissie naar diercategorie onderscheiden dan blijkt dat de rundveesector steeds zo'n 60% van de emissie voor zijn rekening neemt (tabel 5.4). Ook de aandelen van de overige diercategorieën in de ammoniakemisie blijven verhoudingsgewijs vrijwel constant.

Tabel 5.4 De emissie van ammoniak bij verschillende scenario's onderscheiden naar diercategorie (milj. kg NH3)

	1986		1991		1995		2000			
							5 B		5 CD	
	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%	abs	%
Rundvee	140	58	122	58	103	63	95	67	61	62
Mestkalv.	4	2	3	1	2	1	2	1	1	1
Vleesvark.	45	19	40	19	28	17	20	14	16	17
Fokvark.	24	10	20	10	14	9	12	8	10	10
Leghennen	18	7	14	7	8	5	6	4	4	4
Slachtk.	10	4	11	5	8	5	7	5	6	6
Totaal	241	100	210	100	163	100	142	100	98	100

Het niveau van de ammoniakemissie per oppervlakte-eenheid verschilt van regio tot regio en is in sterke mate afhankelijk van de omvang en samenstelling van de daar aanwezige veestapel. In tabel 5.5 is het niveau van de ammoniakemissie per ha (totale gebiedsoppervlakte inclusief water, wegen, natuurterreinen etc.) voor een aantal regio weergegeven. Deze regio's geven een beeld van de verscheidenheid en extremen in niveaus van emissies aan.

Tabel 5.5 Niveaus van ammoniakemissie voor een aantal regio's in kg NH3 per ha en in procenten van het gemiddeld Nederlands niveau in 1986

Regio	1986		Variant 5B		Variant 5CD	
	kg	%	kg	%	kg	%
Nederland	65	100	38	58	32	41
Noord-Friesland	34	52	23	35	14	22
Drenthe (excl. Veenk.)	56	86	37	57	25	38
West Utrecht	91	140	52	80	31	48
Zeeuws-Vlaanderen	11	17	12	18	10	15
Noord.Peel + L v.Cuijck	170	255	84	129	67	103
Flevopolders	17	26	14	22	11	17

In de gebieden met veehouderij daalt de ammoniakemissie met ongeveer een vergelijkbaar percentage als in geheel Nederland. Desalniettemin is het niveau van de emissie in de Noordelijk Peel inclusief het Land van Cuijck bij variant 5CD nog vergelijkbaar met het niveau van 1986 in geheel Nederland. In de gebieden met weinig veehouderij zoals Zeeuws Vlaanderen verandert het niveau van de emissie nauwelijks vooral vanwege een grotere aanvoer van dierlijke mest uit de overschotgebieden, waardoor in dit gebied de uitrijemissie toeneemt.

5.3 De kosten

In tabel 5.6 zijn de extra jaarkosten vermeld die gemaakt moeten worden om de voorgestelde pakketten maatregelen door te voeren en de kosten om de mestoverschotten te transporteren en/of te verwerken. Wanneer de kosten van de verschillende scenario's tegen de emissiereductie worden afgezet, dan blijkt dat variant 5CD per percentage reductie goedkoper is dan variant 5B. De voeraanpassing met 30% mineralenreductie zal in de toekomst een zeer grote kostenpost zijn. De kosten zijn op dit moment voor deze maatregel nog niet te berekenen. Er is ingeschat dat ze minimaal een miljard gulden zullen bedragen.

Tabel 5.6 De jaarkosten van de verschillende scenario's (in milj. guldens)

	1986	1991	1995	2000	
				5 B	5 CD
Mestoverschotten	161	158	143	234	209
Inregenen		82-111	156-213	150-214	31-43
Injecteren				9-19	77-154
Onderwerken	100	100	100	100	100
Extra voerkosten		350	1000	1000	1000
Huisvesting		2	4	8	8
Totaal	261	692-721	1403	1501	1425

De kosten van het mesttransport zijn bij de kosten opgenomen, hoewel deze niet samenhangen met de bestrijding van de ammoniakemissie. De extra voerkosten veroorzaken overigens niet alleen een daling van de ammoniakemissie maar dragen ook bij aan een lagere mestproduktie en daardoor ook aan lagere kosten van de mestoverschottenproblematiek.

Met nadruk wordt erop gewezen dat de hier gepresenteerde resultaten slechts een indicatieve waarde hebben. Door de ontwikkelingen in het onderzoek ten aanzien van de ammoiakemissie kunnen nieuwe inzichten ontstaan die een andere set van maatregelen efficiënter maakt.

6. De depositie van NH3 en overige verzurende stoffen

6.1 Inleiding

De depositie van verzurende stoffen in een willekeurig gebied wordt onder andere bepaald door de concentratie van die stoffen in de lucht in dat gebied en de aard van het oppervlak. De depositie op een bos bijvoorbeeld, is groter dan op een weiland. De concentratie van de stoffen wordt bepaald door de windrichting en de hoeveelheid geëmitteerde stoffen in de lijn van de windrichting.

Het RIVM heeft een depositiemodel voor de stoffen NOx, SOx en NH3 ontwikkeld (Erishman et al., 1987). Dit model heeft als invoergegevens, de emissies van deze drie stoffen nodig. In de vorige hoofdstukken is beschreven hoe met het ammoniakemissiemodel een aantal varianten c.q. scenario's zijn doorgerekend. Door deze resultaten te gebruiken voor het depositiemodel, kan de invloed van de scenario's op de totale zuurdepositie en op de depositie van ammoniak bekeken worden. Omdat het RIVM bij het depositiemodel een regio-indeling gebruikt (figuur 6.1, 20 samengestelde COROP-gebieden) die afwijkt van de 31 regio's die bij de LEI-mestmodellen gebruikt worden, moeten de emissiecijfers van deze 31 gebieden herleid worden naar de 20 depositiegebieden. Voor deze herleiding wordt verwezen naar bijlage 5. In de volgende paragrafen zullen de uitgangspunten en de resultaten van de berekeningen worden beschreven.

6.2 Uitgangspunten

Het RIVM heeft voor een aantal ammoniakemissie-scenario's voor het jaar 2000 de bijbehorende deposities berekend van NH3, NOx en SOx. Het gaat hierbij om de scenario's 5B en 5CD, zoals besproken in paragraaf 5.2. De berekeningen van de depositie van SOx en NOx zijn gebaseerd op de emissiereductiepercentages die voortvloeien uit de te nemen emissiebeperkende maatregelen. Deze maatregelen worden gepresenteerd in het Bestrijdingsplan Verzuring en het Nationaal Milieu Beleidsplan. Hier zal worden volstaan met het weergeven van de door het beleid gewenste emissiereducties voor Nederland en het buitenland (tabel 6.1). Het niveau van de reductie van de ammoniakemissie wijkt dus duidelijk af van de percentage genoemd in hoofdstuk 4.5. Dit percentage zal in een extra variant opgenomen worden. Aangeduid met "MAX".



Figuur 6.1 De samengestelde COROP-gebieden behorende bij het depositiemodel van het RIVM

Tabel 6.1 De reductie van de emissie in 2000 ten opzichte van 1980 (%)

Land	SOx	NOx	NH3
Nederland	82	55	70
Groot-Brittannië	45	30	25
Frankrijk	80	30	25
België	80	30	25
Duitsland	80	30	25
Oost-Europa	40	30	25
Noordwest-Europa	40	35	25

Bron: Nationaal Milieu Beleidsplan, 1989.

6.3 Resultaten

Met behulp van de depositiecijfers kan een tweetal vragen beantwoord worden, namelijk:

- wat is de invloed van de reductie van de emissie van ammoniak op de omvang van de depositie van ammoniak;
- wat is de invloed van de reductie van ammoniak op de totale depositie van verzurende stoffen.

Het blijkt dat in Nederland bij een bestrijding van ammoniak volgens variant 5CD van de scenariostudie, de emissie van ammoniak ten opzichte van 1986 met 59% afneemt, maar de depositie slechts met 39%. Tijdens het onderzoek zijn nogal wat inzichten in de verzuringsproblematiek veranderd. Op dit moment wordt er al vanuit gegaan dat de emissie niet met 50% maar met 70% terug zal moeten. Ook wordt verwacht dat het buitenland zich gaat bezig houden met de ammoniakemissiereductie. Deze buitenlandse reductie (ten opzichte van 1980) zal in 2000 zo'n 25% zijn. Wanneer deze doelstellingen gerealiseerd kunnen worden, zal de depositie van ammoniak met 58% afnemen.

Ten opzichte van de totale depositie van verzurende stoffen, levert de ammoniakemissiebestrijding bij variant 5CD een reductie van 12% op. Dit is het nationale beeld, regionaal kan er nog weleens verschil optreden. In tabel 6.3 zijn de resultaten van een drietal regio's vermeld; in bijlage 6 zijn alle regio's en varianten opgenomen. De depositiedoelstelling van 3000 eq H+ per ha (VROM, 1987) kan met variant 5CD in vrijwel geen enkele regio met mestoverschotten gehaald worden. Een depositie van 1400 eq H+ per ha die uit milieu oogpunt gewenst is (700-2100 eq H+ per ha), kan zelfs bij de maximumvariant niet gehaald worden (zie bijlage 7). Er zullen om dit te bereiken, strengere maatregelen toegepast moeten worden. Verder is in hoofdstuk 1 er al op gewezen dat veel "import" van zuur plaats vindt en ook veel "export". Dit geeft aan dat op internationaal niveau maatregelen getroffen moeten worden.

*Tabel 6.2 De depositie in Nederland van NH3, NOx en SOx in eq H+/ha/jaar voor 1980, 1986 en drie varianten in 2000 *)*

Stof	1980	1986	2000		
			5 B	5 CD	MAX
NH3	1610	1650	1200	1010	700
NOx	1710	1610	970	970	970
SOx	2840	1920	780	780	780
Totaal	6160	5180	2950	2760	2450
% reductie t.o.v 1986			43	47	53
% reductie t.g.v NH3-beleid			9	12	18

*) In 2000 voor SOx en NOx in alle varianten maximale emissiereductie; voor NH3 resp. 42, 60 en 70% emissiereductie.

Tabel 6.3 De depositie van NH3, NOx en SOx in eq H+/ha/jaar bij variant 5CD voor drie regio's

Stof	Groningen	Utrecht	NO. Brabant
NH3	850	1020	1360
NOx	670	1100	1110
SOx	540	860	860
Totaal	2060	2980	3330
% reductie t.o.v. 1986	45	47	49
% reductie t.g.v. NH3-beleid	14	11	17

7. Discussie

7.1 De betrouwbaarheid van de gebruikte coëfficiënten

Van de gehanteerde uitgangspunten hebben de emissiecoëfficiënten de belangrijkste invloed op de uitkomsten. Deze zijn echter gebaseerd op een beperkt aantal metingen en verder bepaald aan de hand van balansberekeningen ten aanzien van de input/output aan mineralen bij dieren. Dit vanuit onderzoeksoogpunt gezien zwakke fundament hangt samen met het feit dat het emissieonderzoek pas recentelijk goed op gang gekomen is. Door het IMAG (W. Kroodsma, A. Scholte, J.W. Huis in 't Veld, 1989) zijn nieuwe metingen vergeleken met de cijfers uit de publikatie van De Winkel die in deze studie zijn gebruikt. Voor de pluimveesector blijken de stalemissies op basis van metingen in de orde van grootte van een kwart van de gehanteerde te liggen. Voor de opslag van mest buiten de stal waren ze ongeveer drie maal zo hoog. Duidelijk is dat de hoogte van de emissiecijfers afhangt van de gehanteerde emissiecoëfficiënten. Momenteel verrichten diverse instellingen metingen om meer betrouwbare cijfers te verkrijgen. Met het opgestelde model zijn wanneer deze gegevens beschikbaar komen, eenvoudig nieuwe berekeningen uit te voeren waardoor de effecten op de emissie(reductie) snel inzichtelijk gemaakt kunnen worden.

In dit onderzoek is een redelijk aantal maatregelen verwerkt om de ammoniakemissie te beperken. Doordat het onderzoek naar de technische mogelijkheden pas sinds korte tijd goed op gang gekomen is, komen nieuwe inzichten beschikbaar omtrent mogelijkheden om de emissie te reduceren. Door het rundvee eiwitarmer ruwvoer te verstrekken kan bijvoorbeeld de N- en daardoor ook de NH_3-excretie dalen. Ook in de huisvestingssfeer dienen zich nieuwe mogelijkheden aan. Momenteel worden door het LEI de mogelijke maatregelen om de ammoniakemissie te reduceren geïnventariseerd en zonodig geactualiseerd, waarna het model zonodig aangepast zal worden. Er zullen dan ook berekeningen op bedrijfsniveau plaatsvinden.

Een derde groep van uitgangspunten betreft de ontwikkeling van de veestapel. Momenteel wordt getracht de omvang van de melkproduktie tot een bepaald niveau te beperken, waardoor uitbreiding van de melkveestapel niet zal plaatsvinden. Door produktiviteitsstijging zal de melkveestapel zelfs moeten afnemen. Een juiste inschatting van de omvang de melkveestapel is, gezien het grote aandeel in de emissie, van essentieel belang. Dit geldt overigens ook voor de ontwikkeling van de overige diersoorten. Het aantal dieren bepaalt immers in zeer belangrijke mate de mestproduktie.

De mestproduktie en -acceptatie bepalen mede waar en hoeveel mest uitgereden wordt. Dat heeft invloed op de hoogte van de

emissie in een bepaalde regio. Indien niet alle mest in Nederland geplaatst kan worden moet een hoeveelheid mest geëxporteerd worden, waardoor emissie in het buitenland plaatsvindt, of er moet een hoeveelheid mest verwerkt worden. In beide gevallen daalt de emissie in Nederland en wel vooral in de tekortgebieden, waar dan minder mest aangewend wordt. In de overschotgebieden zal men immers zoveel mogelijk mest als toegestaan blijven aanwenden. De meeste verzuringsgevoelige gebieden liggen overigens in de overschotgebieden. Indien de helft van alle geproduceerde varkensmest verwerkt wordt, kan de emissie met ongeveer 7,5 miljoen kg dalen, hetgeen overeenkomt met ongeveer 3% ten opzichte van het niveau van 1986. Hierbij is aangenomen, dat bij mestverwerking geen emissie plaats heeft. De kosten om deze mest te verwerken zullen ongeveer 175 miljoen gulden bedragen bij een prijs van 25 gulden per ton mest. Mestverwerking kan bijdragen aan de mestoverschottenproblematiek en een daling van de emissie.

Gezien het vorengenoemde moeten de uitkomsten van dit onderzoek met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Ze geven slechts een eerste verkenning van de effectiviteit van afzonderlijke maatregelen. Momenteel worden op basis van een vernieuwde inventarisatie van de mogelijke maatregelen de berekeningen geactualiseerd bij het LEI. Naar verwachting zal begin 1990 een nieuw rapport verschijnen met een overzicht van de huidige mogelijkheden om de ammoniakemissie te beperken.

8. Conclusies

Met het ontwikkelde model is het mogelijk inzicht te geven in de effectiviteit van maatregelen om de ammoniakemissie te reduceren.

In 1986 droeg de rundveestapel van alle diersoorten met 57 procent het meeste bij aan de ammoniakemissie. Indien niet naar diersoorten maar naar emissiebron gekeken wordt, vindt de grootste emissie bij de aanwending van de mest plaats.

Gegeven de gehanteerde uitgangspunten komen maatregelen bij de aanwending van mest het eerst voor toepassing in aánmerking. Het toepassen van biofilters is vanuit kostenoogpunt niet aan te bevelen. Het opstallen van het rundvee heeft zelfs een toename van de emissie tot gevolg en is daarom geen aantrekkelijke maatregel. Een verkleining van de melkveestapel, als gevolg van de melkcontingentering en het aanpassen van het veevoer van de intensieve veehouderij, mede vanwege de mestoverschottenproblematiek, leveren beide een bijdrage aan de reductie van de ammoniakemissie.

De depositie van ammoniak neemt minder af dan de emissie. Dit is het gevolg van het feit dat een gedeelte van de in Nederland neergeslagen ammoniak uit het buitenland komt. Ondanks een forse daling van de emissie van SOx en NOx, zowel in het binnen- als in het buitenland blijft de depositie aan verzurende stoffen in Nederland boven de 3000 zuurequivalenten per ha per jaar.

Met het model is berekend dat, gegeven de gehanteerde uitgangspunten, een daling van de ammoniakemissie met 40 à 60 procent mogelijk is. Dit is globaal in overeenstemming met de doelstelling uit het IMP-milieu 1985 tot 1989 en minder dan de recentelijk aangescherpte doelstelling van 70 procent. Daar staat echter tegenover dat uit het landbouwkundig onderzoek nieuwe inzichten over de aanpak van ammoniakemissie beschikbaar komen. Deze nieuwe maatregelen kunnen mogelijkerwijs een hogere effectiviteit hebben, dan de in dit onderzoek opgenomen maatregelen. Een inventarisatie van deze maatregelen vindt momenteel plaats, waarna deze studie geactualiseerd zal worden. Men dient de uitkomsten van dit onderzoel dan ook met de nodige voorzichtigheid te interpreteren. Deze studie geeft echter wel inzicht in de mogelijk oplossingen voor het reduceren van de ammoniakemissie uit de mest van de Nederlandse veehouderij.

Literatuur

Advies (1e) over de zure regen
Den Haag, Centrale Raad voor de Milieuhygiëne, 1984

Dierlijke mest, Vlugschrift voor de Landbouw
Den Haag, Ministerie van Landbouw en Visserij, 1987
Brochure : nummer 406

Erishman, J.W., F.A.A.M. de Leeuw en R.M. van Aalst,
Depositie van de voor verzuring in Nederland belangrijkste componenten in de jaren 1980 t/m 1986
Bilthoven, Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, 1987
Rapportnummer: 228473001

Joosten, L.T.A. et al.
Melkveehouderij en ammoniak: naar een andere aanpak in praktijk en beleid
Utrecht, Centrum voor Landbouw en Milieu, 1988

Kroodsma, W., A. Scholten en J.W. Huis in het Veld
Ammoniakemissie van slachtkuikenstallen
Wageningen, IMAG, 1989
Rapportnummer: H.A.B. 352

Kroodsma, W., A. Scholten en J.W. Huis in het Veld
Ammoniakemissie van leghennenstallen
Wageningen, IMAG, 1989
Rapoortnummer: H.A.B. 353

Luesink, H.H., M. van der Veen
Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989
Onderzoekverslag

Ministerie van Landbouw en Visserij, directie VZ
Kosten van maatregelen ter beperking van de ammoniakemissie
Den Haag, 1988
Interne notitie niet gepubliceerd

N- en P-uitscheiding bij verschillende melkprodukties
Lelystad, CAD-voedervoorziening, 1988
niet gepubliceerde notitie

Veen, M. v.d., J.C. Blom en H.H. Luesink
Economische evaluatie van mineralenverlaging in mengvoer
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1988
Concept rapport

VROM en LAVI
Indicatief Meerjaren Programma Lucht 1985-1989
Den Haag, 1984

VROM, Ministerie van L en V en Ministerie van V en W,
Tussentijdse Evaluatie Verzuringsbeleid
Den Haag, 1987

Wadman, W.P. (red.)
Mestinjectie, Mogelijkheden, Voordelen en Problemen
Wageningen, Directie Landbouwkundig Onderzoek, 1988

Werkgroep Emissiefactoren
Emissiefactoren voor de NH3-stalemissie
Den Haag 1987
8e versie (niet gepubliceerde) notitie

Winkel, K. de
Ammoniakemissiefactoren voor de veehouderij
Den Haag, Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf
Overheidspublikaties, 1988
Rapportnummer Lucht 76

Bijlage 1 De verdeling van de dieren over de verschillende huisvestingssystemen (inschatting door directie VZ van Landbouw en Visserij)

Scenario		1				2				3				4		5	
2.	Huisvesting																
2.1	Vleesvarkens	B	L	O	N	B	L	O	N	B	L	O	N				
2.1.1	Gedeeltelijk roostervl.	40%	20%	50%	40%	40%	20%	50%	40%	65%	55%	70%	65%	90%		100%	
2.1.2	Volledig roostervloer	60%	80%	50%	60%	60%	80%	50%	60%	35%	45%	30%	35%	10%		0%	
2.2	Opfokzeugen																
2.2.1	Gedeeltelijk roostervl.		80%				80%				90%			100%		100%	
2.2.2	Volledig roostervloer		20%				20%				10%			0%		0%	
2.3	Legpluimvee																
	leghennen (1), opfokh.(2)	1		2		1		2		1		2		1	2	1	2
2.3.1	Geen opslag onder de batterij	55%		40%		10%		20%		5%		10%		0%	5%	0%	0%
2.3.2	Mesthandbatterij met afvoer naar gesloten; natuurlijke ventilatie	10%		25%		40%		45%		50%		60%		50%	60%		
2.3.3	Mesthandbatterij met afvoer naar gesloten mechanische ventilatie	9%		5%		7%		10%		0%		5%		0%	0%	0%	0%
2.3.4	.....stal, ...stal	25%		5%		25%		5%		20%		0%		10%	0%	0%	0%
2.3.5	Mesthandbatterij met geforceerde mest..... opslag op bedrijf	0%		0%		6%		2%		15%		10%		25%	20%	35%	25%
2.3.6	Mesthandbatterij met geforceerde mest.... met opslag op bedrijf	0%		0%		9%		3%		5%		0%		5%	0%	5%	0%
2.3.2	Grondhuisvesting	1%		25%		3%		15%		5%		15%		10%	15%	10%	15%
2.4	Slachtkuikens																
2.4.1	Niet geïsoleerde vloer		100%				100%				75%			50%		0%	
2.4.2	Geïsoleerde vloer		0%				0%				25%			50%		100%	

*) B = Brabant L = Limburg O = Overig Nederland N = Nederland.

Bijlage 2 Indeling van de 31 regio's naar zand- en kleigebied

100% zandgebied	100% kleigebied	50% zand en 50% kleigebied
De Wouden	Noord Friesland	Groningen
Veenkol. Drenthe	Zuidwest Friesland	West Noord Brabant
Drenthe excl. Veenkol	Betuwe *e.o*	
Sall. Twente, e.o	West Utrecht	
N+O Veluwe	Noord N-Holland	
West Veluwe	Zuid N-Holland	
Achterhoek, e.o	Zuidholland excl Zeekl	
Oost Utrecht	Walch N. Bevl SchD.L.	
West Kempen	ZBev Tholen St. Ph.l	
Maask. Meyery	Zeeuws Vlaanderen	
Oost Kempen	Noordoost Polder	
Peel en L. v. Cuyck	Flevopolders	
WN Limburg		
N-Limburg Maasvl.		
Zuid Limburg		

Bijlage 3 Emissies voor de 31 regio's bij verschillende maatregelen

De emissie (kg NH3 per ha) voor de verschillende mestinwerkmethoden en als rundvee op stal komt te staan

	1986	100% inregenen	100% injectie	100% direct onderwerk.	100% inregenen 100% direct ow	Alle rundv. op stal	100% injectie + 100% ow. alle rundvee op stal
Nederland	62,7	48,3	41,0	57,9	36,3	69,3	36,0
Groningen	31,4	23,7	19,8	29,4	17,8	36,0	17,3
Noord Friesland	32,7	22,6	17,5	32,1	16,9	38,4	16,2
Zuidw.Friesland	67,3	45,4	34,5	67,0	34,1	79,6	32,7
De Wouden	74,8	52,3	41,1	73,4	39,8	86,8	38,6
Veenk.Drenthe	24,9	22,3	21,0	20,0	16,0	27,0	16,1
Drenthe excl. Veenkoloniën	54,6	43,5	38,0	49,3	32,6	62,1	32,6
Noord Overijssel	84,6	62,3	51,1	79,7	46,3	96,3	45,5
Sall.Twente e.o.	110,0	85,4	73,1	100,6	63,7	121,0	63,7
N+O Veluwe	56,1	40,7	33,0	53,4	30,3	62,3	30,1
West Veluwe	95,0	72,0	60,6	91,0	56,6	101,7	56,4
Achterhoek e.o.	129,1	98,2	82,7	119,0	72,6	141,5	72,4
Betuwe e.o.	66,9	47,3	37,5	63,3	33,9	73,7	33,6
Oost Utrecht	68,7	47,8	37,3	66,0	34,5	75,6	34,1
West Utrecht	89,2	57,6	41,8	87,9	40,5	100,4	39,4
N.Noord-Holland	34,1	23,8	18,6	33,1	17,6	40,0	17,0
Z.Noord-Holland	15,4	10,8	8,5	14,4	7,4	17,5	7,2
Zuid-Holland excl. Zeekleigebied	49,6	33,8	25,9	48,3	24,6	56,5	23,8
Zeekl. v. Z-Holl.	16,3	13,5	12,1	13,0	8,8	17,6	8,7
Walch N.Bevl SchD.L.	6,9	5,9	5,4	5,7	4,2	7,7	4,2
ZBev Tholen St. Ph. L.	12,2	11,3	10,8	8,9	7,6	12,9	7,6
Zeeuws Vlaanderen	10,7	9,3	8,6	8,6	6,5	11,6	6,5
West Noord-Brabant	54,2	43,5	38,2	46,1	30,2	58,8	30,3
West Kempen	105,9	85,3	74,9	95,6	64,7	114,7	64,9
Maask. Meijerij	112,9	93,3	83,5	102,4	72,9	121,7	73,2
Oost Kempen	113,2	95,4	86,5	100,5	73,8	121,4	74,1
Peel L.v.Cuyck	164,1	141,0	129,5	149,8	115,2	174,4	115,5
WN Limburg	136,7	121,7	114,2	124,6	102,1	143,1	102,4
N-Limburg Maasvl.	58,6	50,9	47,1	50,5	39,1	62,0	39,2
Zuid Limburg	50,9	40,4	35,2	43,4	27,6	55,3	27,7
NO Polder	28,1	23,8	21,7	22,8	16,4	30,7	16,3
Flevopolders	16,8	14,2	12,9	13,2	9,3	18,4	9,3

Bijlage 3 Vervolg

	1986	Slacht-kuikens	Legpluim-vee	Varkens	Alle aan-passingen	100% bio-filters bij vark. en pluimv.
Nederland	62,7	62,1	61,2	61,7	59,7	53,1
Groningen	31,4	31,3	31,2	31,3	31,0	28,8
Noord Friesland	32,7	32,6	32,5	32,7	32,4	31,5
Zuidwest-Friesland	67,3	67,1	67,3	67,3	67,3	66,1
De Wouden	74,8	74,0	74,0	74,7	73,2	69,9
Veenk. Drenthe	24,9	24,5	23,8	24,8	23,1	21,6
Drenthe excl. Veenk.	54,6	54,0	53,8	54,3	53,0	49,9
Noord Overijssel	84,6	84,1	83,4	84,0	82,3	77,6
Sall. Twente e.o.	110,0	109,1	108,8	108,4	106,3	93,8
N.O. Veluwe	56,1	55,5	54,9	55,6	53,9	49,1
West Veluwe	95,0	94,3	88,1	92,3	84,3	71,7
Achterhoek e.o.	129,1	128,2	127,7	127,0	124,6	108,4
Betuwe e.o.	66,9	66,5	64,8	66,6	64,1	58,3
Oost Utrecht	68,7	68,6	66,8	67,8	65,7	59,9
West Utrecht	89,2	89,0	88,5	88,7	87,8	83,2
Noord Noord-Holland	34,1	34,0	33,9	34,1	33,8	32,9
Zuid Noord-Holland	15,4	15,4	15,1	15,5	15,1	15,0
Zuid-Holl. excl. zeekl.	49,6	49,3	48,9	49,3	48,5	46,6
Zeekl.v. Z-Holland	16,3	16,3	15,8	16,5	16,0	15,6
Walch.N.Bev.	6,9	7,1	6,6	6,9	6,8	6,3
ZBEv Tholen St.Ph.L.	12,2	12,1	11,5	12,2	11,6	11,1
Zeeuws Vlaanderen	10,7	11,2	10,8	10,6	11,2	9,5
West Noord-Brabant	54,2	53,9	52,2	53,9	51,7	49,0
West Kempen	105,9	104,4	104,4	103,3	100,4	84,9
Maas Meijerij	112,9	111,4	109,9	109,4	104,9	84,4
Oost Kempen	113,2	111,7	109,9	109,7	104,9	85,1
Peel L.v. Cuijck	164,1	160,1	158,4	156,7	147,2	108,0
WN Limburg	136,7	133,8	122,7	129,2	112,0	80,3
Noord-Limburg Maasvl.	58,6	57,8	55,6	56,7	53,0	43,4
Zuid-Limburg	50,9	50,8	50,0	51,3	50,3	47,2
Noordoost Polder	28,1	28,0	26,9	28,2	26,9	26,2
Flevopolders	16,8	16,8	16,7	17,0	16,9	16,5

Bijlage 4 Emissies per regio voor de verschillende scenario's

De emissie (kg NH3 per ha) voor de verschillende scenario's

	1986	1991	1995	2000	
				5B	SCD
Nederland	62,7	54,7	42,5	36,5	25,0
Groningen	31,4	27,1	22,7	25,1	16,0
Noord Friesland	32,7	28,6	23,4	22,4	13,4
Zuidw.Friesland	67,3	58,3	47,1	45,0	27,8
De Wouden	74,8	65,0	51,9	49,4	30,0
Veenk.Drenthe	24,9	30,8	26,8	20,6	17,1
Drenthe excl. Veenkoloniën	54,6	46,2	38,4	36,2	23,7
Noord Overijssel	84,6	71,1	56,9	52,1	33,7
Sall.Twente e.o.	110,0	97,1	74,9	60,1	39,9
N+O Veluwe	56,1	48,8	37,8	32,1	20,2
West Veluwe	95,0	80,8	57,7	46,2	32,2
Achterhoek e.o.	129,1	113,4	85,3	67,8	44,9
Betuwe e.o.	66,9	51,2	40,8	35,0	22,1
Oost Utrecht	68,7	59,5	44,7	36,2	21,8
West Utrecht	89,2	68,2	54,0	50,8	30,1
N.Noord-Holland	34,1	30,6	25,2	26,1	15,7
Z.Noord-Holland	15,4	14,1	12,1	10,6	8,7
Zuid-Holland excl. Zeekleigebied	49,6	39,4	32,1	30,9	21,5
Zeekl. v. Z-Holl.	16,3	19,8	18,7	13,2	10,7
Walch N.Bevl SchD.L.	6,9	9,0	8,5	7,0	5,5
ZBev Tholen St. Ph. L.	12,2	16,7	15,2	10,6	9,4
Zeeuws Vlaanderen	10,7	11,4	10,8	12,2	10,2
West Noord-Brabant	54,2	41,4	34,5	28,2	20,4
West Kempen	105,9	96,4	69,1	55,0	38,6
Maask. Meijerij	112,9	110,9	71,2	57,0	42,1
Oost Kempen	113,2	101,2	71,4	55,7	42,0
Peel L.v.Cuyck	164,1	144,1	102,5	82,8	65,6
WN Limburg	136,7	116,6	81,6	64,0	52,8
N-Limburg Maasvl.	58,6	53,7	38,5	29,3	23,3
Zuid Limburg	50,9	39,4	31,0	25,5	17,9
NO Polder	28,1	35,1	30,6	22,3	18,1
Flevopolders	16,8	20,7	18,7	13,3	10,7

Bijlage 5 Herleiding van de emissies van de 31 regio's naar de emissies van de 20 samengestelde COROP-gebieden

COROP		REGIO
1*	=	1
2	=	2, 3 en 4
3	=	5 en 6
4	=	7 + 0,08 * 8 + 30
5	=	0,92 * 8
6	=	31 + 10 + 0,87 * 9 + 0,01 * 12
7*	=	0,88 * 11 + 0,13 * 9
8	=	0,99 * 12 + 0,12 * 11
9	=	13 + 14
10	=	0,75 * 15
11	=	16 + 0,25 * 15
12	=	0,88 * 17
13	=	18 + 0,12 * 17
14	=	19 + 20 + 21
15	=	0,72 * 22 + 0,45 * 23
16	=	0,55 * 23 + 0,25 * 22 + 0,16 * 24 + 0,13 * 25
17	=	0,61 * 24 + 0,03 * 22 + 0,60 * 26
18	=	0,87 * 25 + 0,23 * 24 + 0,40 * 26
19	=	27 + 28 - 0,42 * (27 + 28)
20	=	29 + 0,42 * (27 + 28)

*) Voorbeeld: de emissie in COROP-gebied 1 is gelijk aan de emissie in regio 1
de emissie in COROP-gebied 7 is gelijk aan de emissie van
0,88 * emissie in gebied 11 plus 0,13 * de emissie in gebied 9

Bijlage 6 De deposities van verzurende stoffen (SOxm, NOx en NH3) voor verschillende jaren, namelijk 190/80, 1985 en 2000

Deposities per verzuringsgebied voor 1980 (mol/ha)

Verzuringsgebied	SOx	NOx	NH3	Pot. zuur (eq H+/ha)
Nederland	1420	1710	1610	6160
Groningen	870	1210	1340	4290
Friesland	840	1130	1320	4130
Drenthe	1050	1370	1570	5040
W/N-Overijssel	1170	1450	1740	5530
ZO-Overijssel	1450	1800	2290	6990
NW-Gelderland	1410	1820	1960	6600
NO-Gelderland	1620	1970	2240	7450
Z-Gelderland	1580	1990	1850	7000
Utrecht	1570	1980	1650	6770
N-Noord Holland	950	1270	1050	4220
Z-Nrd Holland + Flevo	1340	1820	1070	5570
N-Zuid Holland	1810	2380	1390	7390
Z-Zuid Holland	1840	1990	1260	6930
Zeeland	1620	1560	910	5710
W-Noord Brabant	2030	2000	1370	7430
Midden Noord Brabant	1800	1770	1760	7130
NO-Noord Brabant	1650	1970	2420	7690
ZO-Noord Brabant	1720	1950	1930	7320
N-Limburg	1930	2490	2090	8440
Z/Midden-Limburg	2000	2190	1460	7650

pot. zuur = 2*mol SOx + 1*mol NOx + 1* mol NH3

Bijlage 6 (1e vervolg) De deposities van verzurende stoffen (SOxm, NOx en NH3) voor verschillende jaren, namelijk 190/80, 1985 en 2000

Deposities per verzuringsgebied voor 1986 (mol/ha)

Verzuringsgebied	SOx	NOx	NH3	Pot. zuur (eq H+/ha)
Nederland	960	1610	1650	5180
Groningen	610	1140	1360	3720
Friesland	580	1070	1350	3580
Drenthe	730	1270	1600	4330
W/N-Overijssel	790	1370	1780	4730
ZO-Overijssel	1010	1690	2340	6050
NW-Gelderland	930	1710	2010	5580
NO-Gelderland	1120	1650	2300	6390
Z-Gelderland	1060	1670	1900	5890
Utrecht	1040	1870	1660	5610
N-Noord Holland	650	1200	1070	3570
Z-Nrd Holland + Flevo	700	1710	1080	4590
N-Zuid Holland	1240	2230	1410	6120
Z-Zuid Holland	1250	1670	1270	5640
Zeeland	1050	1450	910	4460
W-Noord Brabant	1270	1860	1390	5790
Midden Noord Brabant	1160	1650	1790	5760
NO-Noord Brabant	1060	1930	2460	6520
ZO-Noord Brabant	1140	1830	1980	6090
N-Limburg	1270	2340	2140	7060
Z/Midden-Limburg	1340	2050	1480	6210

pot. zuur = 2*mol SOx + 1*mol NOx + 1* mol NH3

Bijlage 6 (2e vervolg)

Deposities per verzuringsgebied voor 2000 (mol/ha). Er vindt alleen NH3 reductie plaats door beperking in de landbouw (ammoniakvariant 5B)

Verzuringsgebied	SOx	NOx	NH3	Pot. zuur (eq H+/ha)
Nederland	390	970	1200	2950
Groningen	270	670	1000	2210
Friesland	270	640	990	2170
Drenthe	310	760	1150	2530
W/N-Overijssel	330	810	1250	2720
ZO-Overijssel	390	990	1590	3360
NW-Gelderland	380	1000	1400	3160
NO-Gelderland	420	1080	1580	3500
Z-Gelderland	420	1120	1350	3310
Utrecht	430	1100	1220	3180
N-Noord Holland	310	720	840	2180
Z-Nrd Holland + Flevo	390	1000	850	2630
N-Zuid Holland	530	1320	1070	3450
Z-Zuid Holland	510	1140	1040	3200
Zeeland	440	980	820	2680
W-Noord Brabant	510	1180	1090	3290
Midden Noord Brabant	460	1030	1320	3270
NO-Noord Brabant	430	1110	1700	3670
ZO-Noord Brabant	440	1110	1420	3410
N-Limburg	480	1370	1510	3840
Z/Midden-Limburg	490	970	1200	3150

pot. zuur = 2*mol SOx + 1*mol NOx + 1* mol NH3

Bijlage 6 (3e vervolg)

Deposities per verzuringsgebied voor 2000 (mol/ha). Er vindt alleen NH3 reductie plaats door beperking in de landbouw (ammoniakvariant 5CD)

Verzuringsgebied	SOx	NOx	NH3	Pot. zuur (eq H+/ha)
Nederland	390	970	1010	2760
Groningen	270	670	850	2060
Friesland	270	640	830	2010
Drenthe	310	760	950	2330
W/N-Overijssel	330	810	1030	2500
ZO-Overijssel	390	990	1270	3040
NW-Gelderland	380	1000	1140	2900
NO-Gelderland	420	1080	1270	3190
Z-Gelderland	420	1120	1120	3080
Utrecht	430	1100	1020	2980
N-Noord Holland	310	720	740	2080
Z-Nrd Holland + Flevo	390	1000	750	2530
N-Zuid Holland	530	1320	920	3300
Z-Zuid Holland	510	1140	940	3100
Zeeland	440	980	780	2640
W-Noord Brabant	510	1180	960	3160
Midden Noord Brabant	460	1030	1110	3060
NO-Noord Brabant	430	1110	1360	3330
ZO-Noord Brabant	440	1110	1180	3170
N-Limburg	480	1370	1230	3080
Z/Midden-Limburg	490	970	1070	3020

pot. zuur = 2*mol SOx + 1*mol NOx + 1* mol NH3

Bijlage 6 (4e vervolg)

Deposities per verzuringsgebied voor 2000 (mol/ha). In Nederland wordt een emissiereductie van NH3 van 70% verondersteld en in het buitenland 25%

Verzuringsgebied	SOx	NOx	NH3	Pot. zuur (eq H+/ha)
Nederland	390	970	700	2450
Groningen	270	670	590	1800
Friesland	270	640	590	1770
Drenthe	310	760	660	2040
W/N-Overijssel	330	810	720	2190
ZO-Overijssel	390	990	890	2660
NW-Gelderland	380	1000	790	2550
NO-Gelderland	420	1080	880	2800
Z-Gelderland	420	1120	770	2730
Utrecht	430	1100	700	2660
N-Noord Holland	310	720	510	1850
Z-Nrd Holland + Flevo	390	1000	520	2300
N-Zuid Holland	530	1320	630	3010
Z-Zuid Holland	510	1140	600	2760
Zeeland	440	980	540	2400
W-Noord Brabant	510	1180	670	2870
Midden Noord Brabant	460	1030	770	2260
NO-Noord Brabant	430	1110	960	2530
ZO-Noord Brabant	440	1110	840	2830
N-Limburg	480	1370	860	3190
Z/Midden-Limburg	490	970	710	2660

pot. zuur = 2*mol SOx + 1*mol NOx + 1* mol NH3