



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## **RINAL: emissiescenario's, verspreiding en depositie van ammoniak**

Tromp, F.; Winkel, P.; Udo de Haes, H.A.

### **Citation**

Tromp, F., Winkel, P., & Udo de Haes, H. A. (1985). RINAL: emissiescenario's, verspreiding en depositie van ammoniak. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/8093>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/8093>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

**EMISSIESCENARIO'S, VERSPREIDING EN DEPOSITIE VAN AMMONIAK**

F. Tromp

P. Winkel

H.A. Udo de Haes

## VOORWOORD

Dit rapport is vervaardigd als technisch deelrapport binnen de RINAL-proefstudie inzake de effecten van luchtverontreinigende stoffen op bossen en heidevelden. In dit rapport wordt beschreven hoe toekomstige ammoniak-emissies per kaartvierkant van 5 x 5 kilometer te berekenen zijn aan de hand van eenvoudige scenario's. Er wordt een betrekkelijk eenvoudig verspreidingsmodel gegeven om uit deze emissies de jaar- en gebiedsgemiddelde concentraties en deposities in de kaartvierkanten te berekenen.

In deze studie is zeker niet gestreefd naar volledigheid. Wel is ernaar gestreefd de complexiteit van de modellen af te stemmen op de kwaliteit van de beschikbare informatie.

Onze dank gaat met name uit naar E. van der Voet (CML) en R.M. van Aalst (TNO) die ons een aantal waardevolle suggesties gedaan hebben.

## INHOUD

	pag.
Voorwoord	
1. Inleiding	1
2. Emissiescenario's	3
3. Verspreidingsmodel voor ammoniak	10
4. Programmatuur	17
5. Evaluatie ammoniakmodel	19
Referenties	20
<u>Bijlagen:</u> A. Formele afleiding verspreidingsmodel	
B. Berekening nat-gedeponeed ammoniak	
C. Programma RINAL-NH <sub>3</sub> . SCENARIO	
D. Programma RINAL-NH <sub>3</sub> . VERSPREIDING	

## 1. INLEIDING

Ammoniak is een kleurloos onwelriekend gas. Het is goed oplosbaar in water en vormt op die wijze een base. Wanneer planten aan een zekere concentratie ammoniak (in de lucht) worden blootgesteld, treedt er schade op aan de plant. De mate van schade hangt af van: de plantesoort, de concentratie en de blootstellingsduur. De schade bij een aaneengesloten blootstelling is groter dan wanneer de blootstelling wordt uitgesmeerd over een langere periode (Van der Eerden *et al.*, 1981). De effecten van relatief lage maar langdurige blootstelling op de vegetatie zijn niet bekend. Alhoewel niet onderzocht, zijn er geen aanwijzingen dat er effecten te verwachten zijn van heersende ammoniakbelastingen op mens en dier.

Wanneer ammoniak in de bodem komt, kan het aldaar genitrificeerd worden. Hierbij ontstaat salpeterzuur. Dit is een zeer belangrijk aspect, omdat ammoniak hierdoor bijdraagt aan de verzuring. Een ander verzuringsaspect van ammoniak is, dat het de depositiesnelheid van zwaveldioxide verhoogt. De grondslag van dit proces is de reactie tussen ammoniak en zwaveldioxide waarbij ammoniumsulfaat ontstaat. Deze reactie vindt plaats in waterig milieu. Wanneer ammoniumsulfaat ontstaat in wolkenwater en dit water later verdampt, dan ontstaat ammoniumsulfaat aerosol. Hoe dit aerosol zich verspreidt en op welke wijze het schade zou kunnen veroorzaken is nog in grote mate onbekend.

Het laatst te vermelden effect van ammoniak op het milieu, is de werking van ammonium op de bodem. Deze werking is enerzijds eutrofiërend van aard, aangezien ammonium (of daaruit gevormd nitraat) als stikstofbron voor de vegetatie kan fungeren. Anderzijds is ammonium van invloed op de ionenhuishouding in de bodem en op de ionenopname door de vegetatie (Roelofs *et al.* 1984).

Alhoewel er in Nederland ook enkele industrieën zijn die ammoniak emitteren, mogen we zeggen dat deze stof voornamelijk vrijkomt uit dierlijke mest (zie tabel 1.1). De bronhoogte is dientengevolge laag. Dit betekent dat ammoniak zich niet (zoals bijvoorbeeld  $SO_2$ ) over honderden kilometers zal verspreiden. Een ruimtelijk variërend emissiepatroon zal resulteren in een ruimtelijk variërend concentratie- en depositiepatroon. Het emissiepatroon van ammoniak varieert sterk over Nederland (Buijsman *et al.* 1984a).

Op het terrein van ammoniak-bestrijdingstechnieken en de daarmee samenhangende scenario's, was slechts één publicatie voorhanden. Op basis van deze summiere informatie is gekozen voor eenvoudige scenario's. Deze worden besproken in hoofdstuk 2.

Het modelleren van de verspreiding van luchtverontreiniging kan in principe op twee manieren plaatsvinden. De eerste manier is om, aan de hand van gemeten concentraties en deposities en emissiegegevens, een

Tabel 1.1. NH<sub>3</sub>-emissie in Nederland (Buijsman *et al.*, 1984a).

Emissie		
Bron	ton/jr	%
Rundvee	85026	59
Varkens	21509	15
Pluimvee	15875	11
Paarden, schapen, mestkalveren	5998	4
Kunstmest	9121	6
Industrie	7565	5
Totaal	145094	100

statistisch model te ontwerpen. Deze methode kan niet worden toegepast op ammoniak, omdat gedetailleerde meetgegevens betreffende concentratie en depositie ontbreken.

De tweede manier is, om aan de hand van emissiegegevens en de kennis van chemische en fysische processen een verspreidingsmodel te bouwen. Het in hoofdstuk 3 vermelde model is van deze soort. Het is een zeer eenvoudig model, omdat de kennis van de ammoniakspecifieke processen nog niet voldoende ontwikkeld is (Buijsman *et al.*, 1984b). De theoretische basis van dit model wordt besproken in hoofdstuk 3.

Het scenariogedeelte en het model zijn beide gevat in programma's, die worden besproken in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 wordt op summere wijze het model geëvalueerd.

## 2. EMISSIESCENARIO'S

In dit hoofdstuk worden enige eenvoudige scenario's voor de toekomstige ontwikkeling van de  $\text{NH}_3$ -emissie gegeven. Deze scenario's zijn toe te passen op zowel landelijke als regionale emissies. Omdat de verspreiding en depositie van ammoniak zich echter op kleine schaal afspeelt, wordt de toekomstige ontwikkeling van de emissie van afzonderlijke kaartvierkanten van 5x5 km berekend.

### Formulering scenario's

Landelijk gezien is de ontleding van dierlijke mest veruit de belangrijkste bron van  $\text{NH}_3$ . De ontleding van alleen rundveemest, varkensmest en pluimveemest is al verantwoordelijk voor 85% van de emissie in Nederland. De scenario's zullen daarom tot deze drie bronnen worden beperkt.

De  $\text{NH}_3$  komt in hoofdzaak op drie plaatsen vrij:

- uit stal en mestopslag;
- bij uitrijden van mest;
- tijdens de weideperiode.

In tabel 2.1 zijn de percentages  $\text{NH}_3$  gegeven die op de verschillende plaatsen ontstaan.

Tabel 2.1. Emissies  $\text{NH}_3$  (%) naar plaats van ontstaan (naar Buijsman et al., 1984a).

	rundvee	varkens	pluimvee
uit stal en opslag	27	56	56
bij uitrijden	34	44	44
tijdens weideperiode	39	-	-
totaal	100	100	100

De ontwikkeling van de  $\text{NH}_3$ -emissie is in eerste instantie afhankelijk van de ontwikkeling van de grootte van de veestapel en daarmee de hoeveelheden rundveemest, varkensmest en pluimveemest. Daarnaast spelen door de overheid voorgestelde emissiebeperkende maatregelen een rol.

Deze maatregelen zijn onder te verdelen in maatregelen die inwerken op:

- de emissie uit stallen en opslag;

- de emissie bij het uitrijden van de mest.

De emissie uit rundveemest die ontstaat tijdens de weideperiode (zie tabel 2.1) is zeer moeilijk te bestrijden (er zouden alleen mogelijkheden zijn bij omschakeling op zomerstalvoering). In tabel 2.2 zijn de emissiebeperkende maatregelen opgesomd. Voor een aantal maatregelen is het geschatte rendement gegeven, dat is het gedeelte van de emissie dat kan worden voorkomen door toepassing van een maatregel.

Tabel 2.2. Overzicht emissiebeperkende maatregelen (naar Laurier, 1984 en IMP-Lucht 1985-1989, 1984).

stal en opslag	:	- zuivering ventilatielucht door luchtwasser of grondfilter (rendement 95%)
		- gesloten mestopslag (rendement 95%)
uitrijden	:	- uitrijden bij koel en vochtig weer
		- mestinjectie (rendement 90%)
		- direct onderploegen mest (rendement 70%)
		- afvoer naar mestbanken
		- centrale mestverwerking

De toekomstige  $\text{NH}_3$ -emissie wordt afhankelijk gesteld van de ontwikkeling van vijf variabelen, de stuurvariabelen van de scenario's:

- een factor waarmee de hoeveelheid rundveemest verandert:  $N_R$ ;
- idem voor varkens:  $N_V$ ;
- idem voor pluimvee:  $N_P$ ;
- het rendement emissiereductie stal en opslag:  $R_{S+O}$ ;
- het rendement emissiereductie uitrijden:  $R_U$ .

Voor alle duidelijkheid: een N factor van 0.9 houdt in dat de emissie met 10% vermindert, terwijl een emissiereductierendement R van 0.9 betekent dat de emissie met 90% vermindert!

Een scenario is in termen van deze stuurvariabelen te formuleren. Een specifiek scenario is vast te leggen met keuzen voor de waarden van de vijf stuurvariabelen in toekomstige jaren. Men kan op deze wijze scenario's maken. In tabel 2.3 is een voorbeeld van een "zelfbouw"-scenario gegeven.

Tabel 2.3. Voorbeeld "zelfbouw"-scenario.

	1985	1990	1995	2000
$N_R$	1	0.9	0.8	0.8
$N_V$	1	0.9	0.8	0.8
$N_P$	1	0.9	0.8	0.8
$R_{S+O}$	0	0.1	0.2	0.2
$R_U$	0	0.1	0.3	0.4

Bij dit scenario is in 1990 de produktie van rundveemest, varkensmest en pluimveemest met 10% afgenomen en zijn de emissies bij stal en opslag en bij uitrijden met 10% gereduceerd.

Naast "zelfbouw"-scenario's wordt er gewerkt met drie vaste scenario's:

- een "referentie"-scenario (tabel 2.4);
- een "low abatement"-scenario (tabel 2.5);
- een "high abatement"-scenario (tabel 2.6).

Het "referentie"-scenario gaat uit van schattingen voor de toekomstige mestproduktie waarbij geen rekening gehouden is met mogelijke effecten van bijvoorbeeld de superheffing. Er wordt verondersteld dat er geen emissiereductie plaatsvindt.

Tabel 2.4. "referentie"-scenario.

	1985	1990	1995	2000
$N_R$ *)	1.11	1.22	1.35	1.47
$N_V$ *)	1.06	1.11	1.16	1.21
$N_P$ *)	1.06	1.11	1.16	1.21
$R_{S+O}$	0	0	0.30	0
$R_U$	0	0	0.30	0

\*) Gebaseerd op schattingen mestproduktie rundveehouderij en intensieve veehouderij (Laurier, 1984).

Het "low abatement"-scenario gaat uit van eenzelfde ontwikkeling van de mestproduktie als het vorige scenario. De emissiereducties lopen op van 10% in 1990 tot 50% in 2000.

Tabel 2.5. "low abatement"-scenario.

	1985	1990	1995	2000
$N_R$ *)	1.11	1.22	1.35	1.47
$N_V$ *)	1.06	1.11	1.16	1.21
$N_P$ *)	1.06	1.11	1.16	1.21
$R_{S+O}$	0	0.10	0.30	0.50
$R_U$	0	0.10	0.30	0.50

Het "high abatement"-scenario gaat uit van een constant blijvende mestproduktie en voorts een emissiereductie oplopend van 50% in 1990 tot de maximaal haalbare emissiereducties van 95% voor stal en opslag en 90% voor uitrijden in 2000.

Tabel 2.6. "high abatement"-scenario.

	1985	1990	1995	2000
$N_R$ *)	1	1	1	1
$N_V$ *)	1	1	1	1
$N_P$ *)	1	1	1	1
$R_{S+O}$	0	0.5	0.75	0.95
$R_U$	0	0.5	0.75	0.90

#### Berekening toekomstige emissies

Buijsman *et al.* (1984a) geven voor het jaar 1982 schattingen voor de  $NH_3$ -emissies per kaartvierkant van 5x5 km. Voor een kaartvierkant is de totale emissie opgebouwd uit emissies ten gevolge van rundvee, varkens, pluimvee en overige bronnen:

$$e = e_r + e_v + e_p + e_o \quad (2.1)$$

Aangenomen wordt dat deze emissieschattingen ook voor 1980 van toepassing zijn. Met behulp van de gekozen waarden van de stuurvariabelen zijn de toekomstige emissies, dat wil zeggen de emissies na 1980, nu als volgt te berekenen.

Eerst worden de nieuwe emissies ten gevolge van een veranderde mestproduktie berekend:

$$e'_r = N_r e_r \quad (2.2a)$$

$$e'_v = N_v e_v \quad (2.2b)$$

$$e'_p = N_p e_p \quad (2.2c)$$

Vervolgens worden de emissiereducties berekend:

$$\Delta e_{S+O} = -R_{S+O} (0.27 e'_r + 0.56 (e'_v + e'_p)) \quad (2.2d)$$

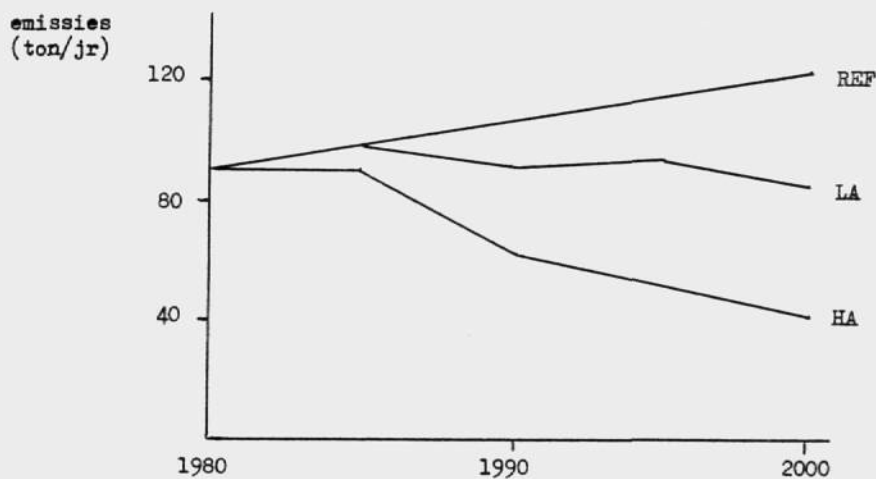
$$\Delta e_u = -R_u (0.34 e'_r + 0.44 (e'_v + e'_p)) \quad (2.2e)$$

Deze formules verdienen enige toelichting. Rundveemest ontleedt voor 27% tijdens stal en opslag en voor 34% bij het uitrijden, varkens- en pluimveemest voor respectievelijk 56% en 44% (zie tabel 2.1). De nieuwe emissie in een toekomstig jaar wordt gegeven door:

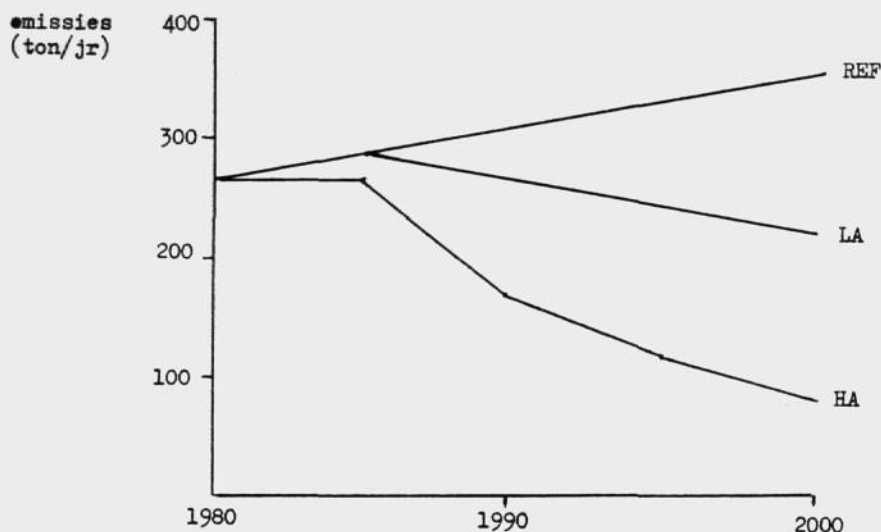
$$e' = e'_r + e'_v + e'_p + \Delta e'_{s+o} + \Delta e'_u + e_o \quad (2.3)$$

In figuur 2.1 wordt een voorbeeld gegeven van de ontwikkeling van de emissies in verschillende regio's onder de verschillende scenario's.

Figuur 2.1A. Emissiepaden grid 1.



Figuur 2.1B. Emissiepaden grid 10.



#### Kosten emissiebeperkende maatregelen

Het treffen van emissiebeperkende maatregelen brengt natuurlijk kosten met zich mee. Laurier (1984) geeft schattingen voor de kosten van verschillende emissiebeperkende maatregelen; zie daartoe tabel 2.7.

De kosten per ton verwijderd  $\text{NH}_3$  lopen zowel voor de specifieke maatregelen als voor de verschillende diersoorten nogal uiteen. Het is niet de bedoeling om te komen tot een kosten/baten-optimalisatie, maar om een indruk te krijgen van de kosten waarmee de verschillende scenario's gepaard gaan. Daarom rekenen we alleen met de kosten van emissiereductie bij stal en opslag en bij het uitrijden van de mest, ongeacht de specifieke bestrijdingsmaatregelen en ongeacht diersoorten waarbij ze toegepast worden:

- stal en opslag: f 25.000 per ton  $\text{NH}_3$ ;
- uitrijden : f 5.000 per ton  $\text{NH}_3$ .

De kosten worden als volgt berekend:

$$\text{kosten} = - 25000 \Delta e_{s+o} - 5000 \Delta e_u \quad (2.4)$$

Tabel 2.7. Indicatie voor de kosten van emissiebeperkende maatregelen  
(naar: Laurier, 1984).

	kosten *)	
	(f/ton verminderde NH <sub>3</sub> -emissie)	
	-----	
<u>stal en opslag</u>		
- gesloten mestopslag	55.000	(rundvee)
(max. rendement 95%)	66.000	(mestvarkens)
	10.000	(legkippen)
- zuivering ventilatielucht met grondfilter	11.000	(rundvee)
(max. rendement 95%)	36.000	(mestvarkens)
	50.000	(legkippen)
- zuivering ventilatielucht met luchtwasser	13.000	(rundvee)
(max. rendement 95%)	47.000	(mestvarkens)
	69.000	(legkippen)
<u>uitrijden</u>		
- vlak boven de grond verspreiden en direct onderploegen	700	(bouwland)
(max. rendement 70%)		
- mestinjectie	8.000	(bouwland)
(max. rendement 90%)	3.000	(grasland)

\*) Kapitaals- en bedrijfskosten

### 3. VERSPREIDINGSMODEL VOOR AMMONIAK

In dit hoofdstuk wordt de theoretische basis van het ammoniakmodel besproken. Het uit deze theorie volgend algoritme staat beschreven in hoofdstuk 4. Er is gekozen voor een Gaussisch pluimmodel met een uitbreiding voor depositie. De globale opzet lijkt sterk op het Nationale Model (KNMI, 1979). Op zoveel mogelijk punten is gezocht naar de eenvoudigste oplossingen. Deze eenvoud is een doel op zich, gegeven het karakter van de RINAL-studie en de noodzaak om bij het ontwerpen van het model uit te gaan van de voorhanden zijnde kennis.

De uitgangspunten voor het model zijn:

- de startwaarden voor de emissies zijn bekend per grid van 5x5 km (Buijsman *et al.*, 1984a);
- de emissiepaden volgend uit het scenariogedeelte worden per grid berekend op jaarbasis.

Op basis van het eerste punt is gekozen voor een grid-georiënteerd model. Dit betekent dat het model gebiedsgemiddelde concentraties en deposities berekent. Op basis van het eerste en het tweede punt is gekozen voor een model dat jaargemiddelden berekent.

In bijlage A zijn de vergelijkingen samengebracht die de stapsgewijze vereenvoudiging van het uitgangsmodel tot het uiteindelijk geprogrammeerde model illustreren.

#### Het Gaussisch Pluimmodel

In de grote verscheidenheid aan modellen die de verspreiding van luchtverontreiniging beschrijven, zijn verschillende typen te onderscheiden. Eén type wordt gevormd door de groep van Gaussische modellen. Deze modellen hebben gemeen dat zij gebaseerd zijn op het Gaussisch pluimmodel (GPM) waarmee op elk punt, benedenwinds van een puntbron, de uurgemiddelde concentratie berekend kan worden. Het model wordt gegeven door formule (A.1) in bijlage A.

De invoerparameters van het model zijn: de emissiesterkte van de puntbron ( $\mu\text{g/s}$ ), de effectieve bronhoogte, de windsnelheid, parameters welke de mate van de verticale turbulentie beschrijven, idem voor de horizontale turbulentie en de coördinaten van het receptorpunt.

Zoals elk model kent ook aan het GPM vele beperkingen. Voor een overzichtelijke inventarisatie van de mogelijkheden en onmogelijkheden van dit model verwijzen we naar "Luchtverontreiniging en het weer" (KNMI, 1979) en het zogenaamde "Blauwe boekje" (Modellen, 1976).

### Vereenvoudiging van het GPM ten gevolge van de emissiewijze

Emissie van ammoniak vindt voornamelijk plaats vanuit stallen, mestwagens en vanaf versbemeste akkers en weilanden. De bronhoogte is dus laag ( $\leq 5$  m). Wanneer nu als bronhoogte de waarde nul wordt gekozen, zal slechts een kleine fout worden gemaakt. Zie formule (A.2) in bijlage A.

### De inbreng van een depositiesnelheid

Wanneer luchtverontreiniging een depositiesnelheid heeft betekent dit dat de verontreiniging merkbaar uit de atmosfeer verdwijnt. Bij het opstellen van het GPM is men er vanuit gegaan dat alle geloosde verontreiniging aanwezig blijft in de atmosfeer. Slechts door verdunning kan de concentratie dalen. Ammoniak heeft evenwel een zekere depositiesnelheid doordat het adsorbeert aan vegetatie, water- en grondoppervlak. De extra daling in de concentratie ten gevolge van deze adsorptie kan verdisconteerd worden door op grotere afstand tot de bron de emissiesterkte te vervangen door een lagere waarde. Het verschil tussen deze twee emissiesterkten moet dan gelijk zijn aan de hoeveelheid die op het traject van de bron tot het receptorpunt per tijdseenheid deponeert. Dit idee is uitgewerkt in de zogenaamde "Source depletion Method" (Van der Hoven, 1968 en KNMI, 1979). Deze methode is een eenvoudige manier om de depositie te verdisconteren. Terughakend op de eerste opmerkingen in dit hoofdstuk (over eenvoud) kan opgemerkt worden dat geavanceerdere algoritmen niet op z'n plaats zijn zolang de depositiesnelheid van ammoniak slechts grofweg bekend is (Buijsman *et al.*, 1984b). Het voor depositie aangepaste model wordt gegeven door formules (A.3) en (A.4) in bijlage A.

### Het berekenen van een jaargemiddelde concentratie

In het voorgaande is steeds gesproken over de berekening van uurgemiddelde concentraties. Hieruit zijn jaargemiddelde concentraties af te leiden door deze uurwaarden te middelen. Het zogenaamde Nationale Model (Modellen, 1976; KNMI, 1979) geeft een efficiënte methode om deze middeling te verrichten.

Een voor depositie aangepaste versie van dit model wordt gegeven in bijlage A, formules (A.5) en (A.6). Het model is geformuleerd in poolcoördinaten. De concentratie in een receptorpunt is afhankelijk van de afstand van het punt tot de bron en de windrichtingssector of -klasse waarbij het punt door de bron belast wordt.

Bij het Nationale Model onderscheidt men twee meteorologische gebieden in Nederland. Deze gebieden zijn: West- en Noord-Nederland; en Zuid- en Oost-Nederland. De jaargemiddelde meteorologie is per gebied vastgelegd in een frequentietabel van de verschillende meteosituaties. Een meteosituatie is de combinatie van een windsnelheidsklasse (totaal 3 klassen), een stabiliteitsklasse (totaal 6 klassen) en een windrichtingsklasse (totaal 12 klassen). De jaargemiddelde concentratie in een punt, ten gevolge van een puntbron, wordt dan berekend met een gewogen gemiddelde. De wegingsfactor is de frequentie van de bijbehorende meteosituatie (zie formule (A.5) in bijlage A).

Deze methode van het Nationaal Model is voor het ammoniakmodel sterk vereenvoudigd. De vereenvoudigingen luiden:

- één meteorologisch gebied voor geheel Nederland;
- alle windrichtingen worden qua frequentie gelijkgesteld;
- per windrichtingsklasse wordt slechts gerekend met één meteosituatie (stabiliteitsklasse D gecombineerd met windsnelheidsklasse 2).

De laatste twee vereenvoudigingen lijken bijzonder grote fouten te impliceren. In de praktijk valt dit echter mee. Ten eerste zijn gebiedsgemiddelde concentraties minder gevoelig voor dit soort veranderingen. Ten tweede zijn de ammoniakemissies over grote gebieden van Nederland redelijk uniform verdeeld. Dit houdt in dat een onderschatting van de bijdrage van een grid ten zuidwesten van het receptorgrid, zal worden gecompenseerd door een overschatting van de bijdrage van een grid ten noordoosten. In het volgende hoofdstuk zal voorts nog blijken dat de concentratie in een grid hoofdzakelijk wordt bepaald door de emissie in het grid zelf. De vereenvoudigingen worden formeel weergegeven in bijlage A. Ze leiden tot formules (A.7) en (A.8).

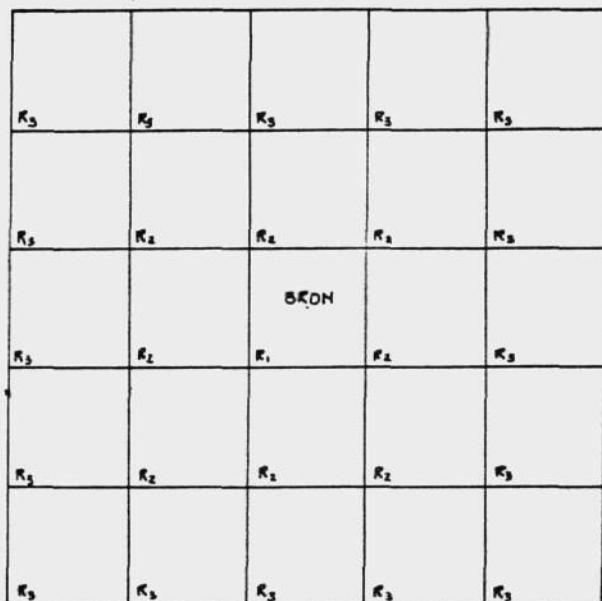
#### **Het berekenen van een gebiedsgemiddelde concentratie ten gevolge van een oppervlaktebron**

De emissiegegevens voor ammoniak zijn per grid (5x5 km) bekend. Het is dus niet bekend hoeveel bronnen er in een dergelijk gebied liggen, noch waar deze bronnen zich bevinden. Op grond hiervan is gekozen voor een model dat gebiedsgemiddelde (5x5 km) concentraties berekent.

Het emitterende vierkant wordt voorgesteld als een oppervlaktebron. Deze oppervlaktebron wordt gesimuleerd door in het midden van het vierkant een puntbron te plaatsen. Aan deze puntbron wordt de emissiesterkte van het totale grid toegekend. De gebiedsgemiddelde concentratie ten gevolge van deze puntbron, in een willekeurig vierkant, kan worden berekend door de jaargemiddelde concentratie volgens formule (A.7) te integreren over het receptorvierkant.

Alhier blijkt het voordeel van de in de vorige paragraaf genoemde vereenvoudigingen. Deze vereenvoudigingen houden in dat de verdeling van de windrichtingen uniform gesteld werd en er per windrichtingssector slechts met één meteosituatie rekening gehouden wordt. Nu immers behoeven we niet per windrichtingssector te integreren, maar kan in één keer over de gehele windroos geïntegreerd worden.

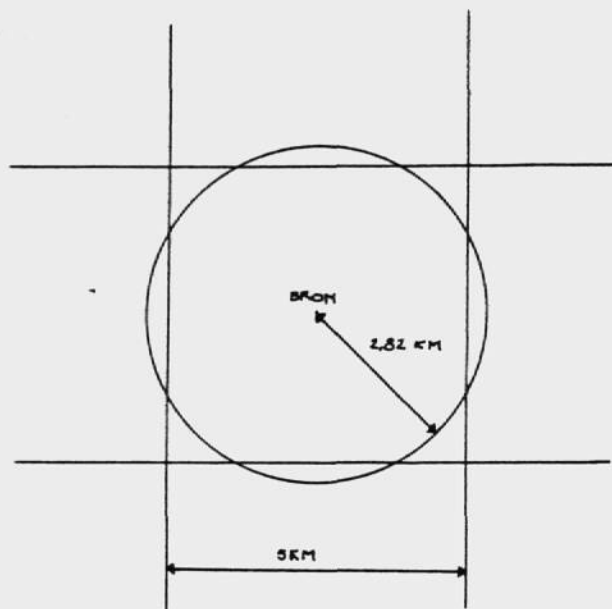
Het aantal vierkanten rondom het bronvierkant, waarvoor de concentratie berekend moet worden, hangt af van de mate waarin de concentratie daalt met de afstand. Bij een sterke daling zal een kleiner aantal volstaan. Nu wordt gekozen voor twee ringen van respectievelijk 8 en 16 vierkanten rondom het bronvierkant (zie figuur 3.1).



Figuur 3.1. Vijfentwintig receptorvierkanten op en rondom het bronvierkant.

#### De gebiedsgemiddelde concentratie in het bronvierkant

Een functie  $f(x,y)$  integreren over een vierkant, is een ingewikkelde zaak. Een sterke vereenvoudiging kan worden gemaakt door in plaats van te integreren over een vierkant met ribbe 5 km, te integreren over een cirkel met straal  $5/\sqrt{\pi}$ . Deze straal is zodanig gekozen dat het oppervlak van de cirkel gelijk is aan het oppervlak van het vierkant (zie figuur 3.2).



Figuur 3.2. Passend maken van de oppervlakte van een cirkel op die van het bronvierkant.

In bijlage A wordt een afleiding gegeven voor de gebiedsgemiddelde concentratie voor cirkelvormige gebieden of gedeelten daarvan, zie formule (A.9).

Voor een cirkel met een straal  $r_1 = 5000 / \sqrt{\pi}$  wordt de gebiedsgemiddelde concentratie gegeven door:

$$\bar{C}_{R_1} = \frac{Q - Q(r_1)}{v_d \pi r_1^2} \quad (3.1)$$

met

$$Q(r) = Q \exp \left( - \frac{v_d}{u} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{a(1-b)} r^{1-b} \right) \quad (3.2)$$

met

$u = 4$  (windsnelheidsklasse Z)

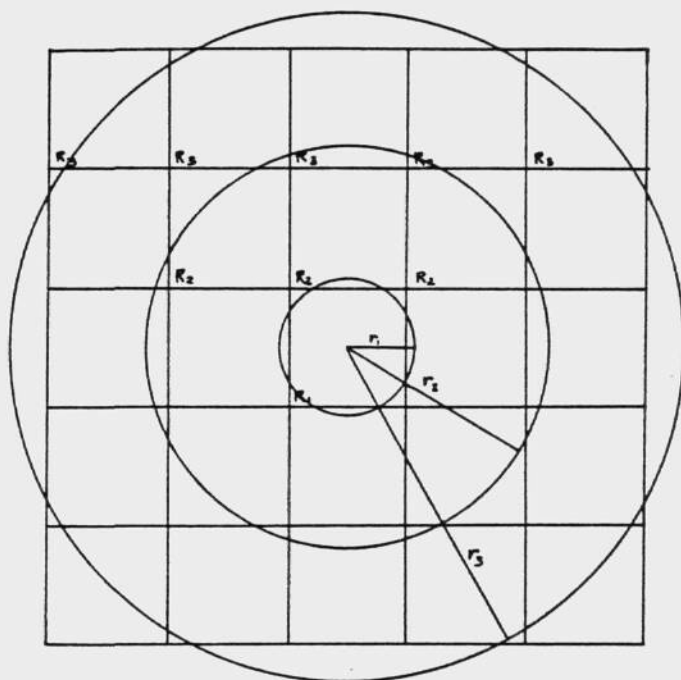
$a = 0.20$  en  $b = 0.76$  (stabiliteitsklasse D)

waarin:

- $\bar{C}_{R1}$  - de jaar- en gebiedsgemiddelde concentratie in bronvierkant R1 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $Q$  - de emissie ( $\mu\text{g}/\text{s}$ )
- $v_d$  - de depositiesnelheid (m/s)

**De gebiedsgemiddelde concentratie in een ring van vierkanten**

De situatieschets:



Figuur 3.3. Passend maken van twee cirkelbanden op de twee ringen van receptorvierkanten: de ringen R<sub>2</sub> en R<sub>3</sub> uit figuur 3.1.

Geheel analoog aan het voorafgaande luidt de gebiedsgemiddelde concentratie voor de R<sub>2</sub>-ring van vierkanten:

$$\bar{C}_{R2} = \frac{Q(r_1) - Q(r_2)}{v_d \pi (r_2^2 - r_1^2)} \quad (3.3)$$

met  $r_1 = 5000 / \sqrt{\pi}$  en  $r_2 = 15000 / \sqrt{\pi}$ .

Voor de  $R_3$ -ring van vierkanten luidt deze:

$$\bar{C}_{R_3} = \frac{Q(r_2) - Q(r_3)}{v_d \pi (r_3^2 - r_2^2)} \quad (3.4)$$

met  $r_3 = 25000 / \sqrt{\pi}$ .

#### Het berekenen van de gedeponeerde hoeveelheid ammoniak

De jaar- en gebiedsgemiddelde droge depositieflux wordt gevonden door de gebiedsgemiddelde concentratie te vermenigvuldigen met de depositiesnelheid.

De droog gedeponeerde hoeveelheid ammoniak wordt berekend door de droge depositieflux te vermenigvuldigen met het te beschouwen oppervlak (zijnde  $5 \times 5$  km) en de tijd (één jaar).

Over de waarde van de droge depositiesnelheid bestaat grote onzekerheid. Tot voor kort gebruikte men hiervoor waarden van ongeveer 1 cm/s. Recent onderzoek van Van Aalst (persoonlijke mededeling) wijst in de richting van veel grotere waarden: ongeveer 2 cm/s voor heide en ongeveer 8 cm/s voor bos. Van laatstgenoemde waarden wordt gebruik gemaakt, waarbij voor gebieden met zowel bos als heide een depositiesnelheid van 5 cm/s wordt gebruikt.

Voor de natte depositie wordt gebruik gemaakt van een empirische relatie tussen de emissie en depositie van ammoniak welke beschreven wordt in bijlage B (Van der Voet & Udo de Haes, in druk).

#### 4. DE PROGRAMMATUUR

De algoritmen en gegevens zijn gevat in respectievelijk twee computer-programma's en een aantal databestanden. Het blokschema figuur 4.1 illustreert de wijze waarop het model functioneert. De programma's zijn te vinden in bijlagen C en D.

Het programma RINAL.NH<sub>3</sub>.SCENARIO berekent toekomstige ammoniakemissies voor verschillende scenario's. In hoofdstuk 2 zijn de scenario's en de berekeningswijze van de emissies uitgebreid toegelicht.

Het programma rekent met 11 kaartvierkanten van 5x5 km. Het referentie-scenario het "low abatement" scenario en het "high abatement" scenario liggen vast. Het zelfbouw-scenario kan de gebruiker zelf bouwen door de waarden van de stuurvariabelen te kiezen.

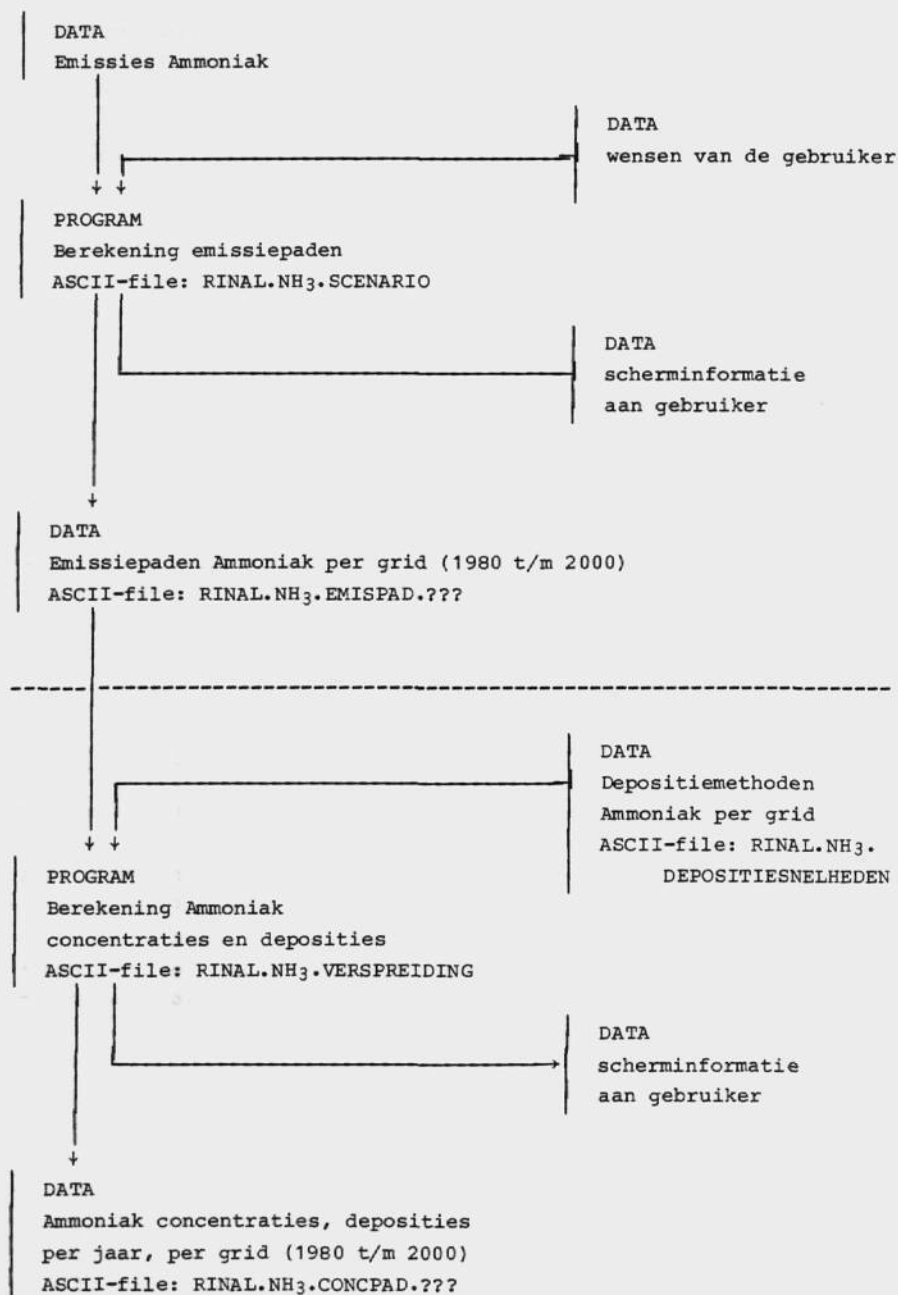
Het programma heeft als uitvoer de toekomstige emissies per grid en per jaar voor de 11 grids en de periode 1980 tot 2000. Deze waarden worden weggeschreven naar een file: RINAL.NH<sub>3</sub>.EMISPADEN.???, waarbij de gebruiker het laatste deel van de naam mag kiezen.

Bij het programmeren van het verspreidingsmodel, RINAL.NH<sub>3</sub>.VERSPREIDING is een verdere vereenvoudiging gemaakt. De concentratie in een receptorgrid (en de daarmee samenhangende depositie) wordt slechts berekend op basis van de emissie in het grid zelf, en niet op basis van de genoemde vijftientig bronvierkanten. De reden hiervan illustreren we met een rekenvoorbeeld:

- 1) Vijftientig brongrids: emissiesterkte: 100 ton NH<sub>3</sub>/grid/jr.  
depositiesnelheid: 6 cm/sec.
- 2) Concentratie in het middelste (receptor)grid, ten gevolge van de emissie in dat grid: 1.7 µg/m<sup>3</sup>.
- 3) Concentratie in het middelste grid, ten gevolge van de eerste ring van acht brongrids: 8 x 0.02 = 0.16 µg/m<sup>3</sup>.
- 4) Concentratie in het middelste grid, ten gevolge van de tweede ring van zestien brongrids: 16 x 0.004 = 0.064 µg/m<sup>3</sup>.

Het weglaten van de twee ringen levert dus slechts een fout van ongeveer 10% op. Binnen de proefstudie is derhalve gekozen voor het doorvoeren van deze vereenvoudiging.

Figuur 4.1. Programmatuur



## 5. EVALUATIE AMMONIAKMODEL

Een correcte methode om een model te toetsen is de berekende waarden vergelijken met meetwaarden. Voor het ammoniakmodel is een dergelijke toetsing echter niet mogelijk, omdat gedetailleerde meetgegevens omtrent de concentratie en depositie van ammoniak ontbreken.

Teneinde toch een beeld te krijgen van de geldigheid van het model, is gekozen voor een vergelijking met het eerder genoemde Nationale Model (zie tabel 5.1). Bij deze vergelijking zijn er twee moeilijkheden:

- het Nationaal Model geeft geen gebiedsgemiddelde, doch puntconcentraties;
- het Nationaal Model kent geen depositie.

Het eerste punt is ondervangen door het gebiedsgemiddelde te schatten met behulp van een aantal puntconcentraties, het tweede punt is ondervangen door in het ammoniakmodel te rekenen met een verwaarloosbaar kleine depositiesnelheid (0.1 cm/s).

Conclusies:

- de vereenvoudiging ten aanzien van de bronhoogte maakt, gezien het Nationaal Model, niet veel uit in nauwkeurigheid;
- de vereenvoudiging ten aanzien van de meteorologische parameters levert eveneens weinig verschil op;
- het ammoniakmodel geeft waarden voor de concentratie die vergelijkbaar zijn met het Nationaal Model.

Tabel 5.1. Vergelijking resultaten gebiedsgemiddelde jaargemiddelde concentraties op basis van het Nationale Model en het Ammoniakmodel.

### Nationaal Model

Meteo Schiphol                      Bronhoogte 0 m                      c = 2.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Meteo Schiphol                      Bronhoogte 5 m                      c = 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Meteo Eindhoven                      Bronhoogte 0 m                      c = 2.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ammoniak Model                      (depositiesnelheid 0.1 cm/s)                      c = 3.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

emissie      100 ton  $\text{NH}_3/\text{grid.jr.}$

## REFERENTIES

- Aalst, R.M. van, Persoonlijke mededeling, maart 1985.
- Buijsman, E., et al. (1984a) Een gedetailleerde ammoniakemissiekaart van Nederland. IMOU-rapport V84-20, Utrecht.
- Buijsman, E., et al. (1984b) Ammoniak in de Nederlandse atmosfeer, in: Symposium Zure Regen, 's-Hertogenbosch 1983, E.H. Adema en J. van Ham (eds.). Pudoc, Wageningen.
- Eerden, L.J. van der et al. (1981) Stallucht en planten; de relatie tussen bedrijfsomvang en de kans op beschadiging van gewassen rondom intensieve veehouderijen. IMAG-rapport 32, Wageningen.
- Hoven, J. van der (1968) Deposition of particles and gases, in: Meteorology and atomic energy, D.H. Slade (ed.). USAEC, Oak Ridge, Tenn.
- IMP-Lucht (1984) Indicatief Meerjarenplan Lucht 1985-1989. VROM, 's Gravenhage.
- KNMI (1979) Luchtverontreiniging en het weer. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- KNMI/RIVM (1981) Chemical composition of the precipitation over the Netherlands. De Bilt.
- Laurier, M.B.H.M. (1984) Emissies en bestrijdingsmaatregelen voor ammoniak. RIVM-rapport 840568002, Bilthoven.
- Modellen (1976) Modellen voor de berekening van de verspreiding van luchtverontreiniging inclusief aanbevelingen voor de waarden van parameters in het lange-termijn model. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Roelofs, J.G.M. et al. (1984) De gevolgen van zwavel- en stikstofhoudende neerslag op de vegetatie in heide- en heidevenmilieus. In: Zure regen, oorzaken, effecten en beleid, ed.: E.H. Adema en J. van Ham. Pudoc, Wageningen.

BIJLAGE A: FORMELE AFLEIDING VERSPREIDINGSMODEL

In deze bijlage wordt een afleiding gegeven voor de formule die de jaar- en gebiedsgemiddelde concentratie beschrijft voor een cirkelvormig gebied, of een gedeelte daarvan, rond een puntbron op grondniveau. De afleiding is strikt formeel en wordt zonder veel omhaal gegeven.

GPM voor de berekening van uurgemiddelde concentraties op grondniveau

$$C(x,y) = \frac{Q}{\pi u a x^b c x^d} \exp\left(-\frac{y^2}{2(c x^d)^2}\right) \exp\left(\frac{-H^2}{2(a x^b)^2}\right) \quad (A.1)$$

waarin:

- C - uurgemiddelde concentratie op grondniveau ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- x,y - coördinaten receptiepunt (m)
- H - effectieve bronhoogte (m)
- u - windsnelheid (m)
- a,b - parameters voor de mate van verticale turbulentie
- c,d - idem voor horizontale turbulentie

GPM met bronhoogte nul

$$C(x,y) = \frac{Q}{\pi u a x^b c x^d} \exp\left(-\frac{y^2}{2(c x^d)^2}\right) \quad (A.2)$$

Aanpassing voor depositie

$$C(x,y) = \frac{Q(x)}{\pi u a x^b c x^d} \exp\left(-\frac{y^2}{2(c x^d)^2}\right) \quad (A.3)$$

met

$$Q(x) = Q \exp\left(-\frac{V_d \sqrt{2}}{u \sqrt{\pi}} \int_0^x \frac{dz}{a z^b}\right) = Q \exp\left(-\frac{V_d \sqrt{2}}{u \sqrt{\pi}} \frac{1}{a(1-b)} x^{1-b}\right) \quad (A.4)$$

waarin:

- $V_d$  - depositiesnelheid (m/s)

Nationaal model met depositie

$$C(r, \alpha) = \sum_{s=1}^6 \sum_{n=1}^3 f(\alpha, s, n) \frac{2 Q_{n,s}(r)}{\sqrt{2\pi} u_n a_s r^{b_s}} \frac{12}{2\pi r} \quad (\text{A.5})$$

met:

$$Q_{n,s}(r) = Q \exp \left( - \frac{V_d \sqrt{2}}{u_n \sqrt{\pi}} \frac{1}{a_s (1-b_s)} r^{1-b_s} \right) \quad (\text{A.6})$$

waarin:

- $r$  - afstand tot de bron (m)  
 $\alpha$  - windrichtingssector ( $\alpha = 1, 2 \dots 12$ )  
 $s$  - stabiliteitsklasse ( $s = 1, 2 \dots 6$ )  
 $C$  - jaargemiddelde concentratie ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
 $f$  - fractie van de tijd (-)  
 $Q$  - emissie ( $\mu\text{g}/\text{s}$ )  
 $V_d$  - depositiesnelheid (m/s)  
 $u$  - windsnelheid (m/s)  
 $a, b$  - parameters die de mate van verticale turbulentie beschrijven

Vereenvoudiging Nationaal model

$$f(\alpha, 4, 2) = 1/12 \quad (\alpha = 1, 2 \dots 12)$$

$$f(\alpha, s, n) = 0 \quad (\alpha = 1, 2 \dots 12, s \neq 4, n \neq 2)$$

$$C(r, \alpha) = \frac{2 Q(r)}{\sqrt{2\pi} u a r^b} \frac{1}{2 \pi r} \quad (\text{A.7})$$

$$= \frac{2 Q(r)}{(2\pi)^{1/2} u a r^{1+b}}$$

met

$$Q(r) = Q \exp \left( - \frac{V_d \sqrt{2}}{u \sqrt{\pi}} \frac{1}{a(1-b)} r^{1-b} \right) \quad (\text{A.8})$$

waarin:

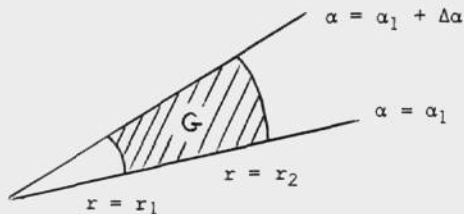
- $u = u_2 = 4$  (representatieve windsnelheid klasse 2)  
 $a = a_4 = 0.20$  (stabiliteitsklasse D)  
 $b = b_4 = 0.76$

Gebiedgemiddelde concentratie

We vinden de gebiedsgemiddelde concentratie over een gebied G door de concentratie te integreren over een gebied G en te delen door de oppervlakte van G:

$$\bar{C}_a = \int_G C(r, \alpha) dw / G$$

We kiezen voor 'G' een sector van een cirkelband:



(met  $r_1 = 0$  en  $\Delta\alpha = 2\pi$  is dit gebied een cirkel!)

$$\begin{aligned} \int_G C(r, \alpha) dw &= \int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \Delta\alpha} d\alpha \int_{r_1}^{r_2} r C(r, \alpha) dr \\ &= \Delta\alpha \int_{r_1}^{r_2} r \frac{2 C(r)}{(2\pi)^{1/2} u a r^{1+b}} dr \\ &= \Delta\alpha \left[ \frac{Q(r)}{2\pi v_d} \right]_{r_1}^{r_2} \\ &= \Delta\alpha \frac{Q(r_1) - Q(r_2)}{2\pi v_d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_G dw &= \int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \Delta\alpha} d\alpha \int_{r_1}^{r_2} r dr \\ &= \Delta\alpha \left[ \frac{1}{2} r^2 \right]_{r_1}^{r_2} \\ &= \Delta\alpha \frac{1}{2} (r_2^2 - r_1^2) \quad (\text{vgl. met opp. cirkel}) \end{aligned}$$

$$\bar{C}_G = \frac{\Delta\alpha (Q(r_1) - Q(r_2))}{2\pi v_d \Delta\alpha \frac{1}{2} (r_2^2 - r_1^2)} = \frac{Q(r_1) - Q(r_2)}{v_d \pi (r_2^2 - r_1^2)} \quad (\text{A.9})$$

BIJLAGE B: BEREKENING NAT-GEDEPONEERD AMMONIAK

Uit een serie regenwatermetingen (KNMI/RIVM, 1981) stamt de volgende reeks waarnemingen:

Tabel B.1. Resultaten regenwatermetingen (KNMI/RIVM, 1981).

Emissie (ton NH <sub>3</sub> /km <sup>2</sup> /jr)	Nat-gedeponeerd Ammoniak (kmol NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /ha/jr)
1853	722
2666	722
3901	772
1558	772
543	656
3975	938
626	809
274	488
286	488
521	526
3864	896
342	667
1455	877
7584	1176*)

\*) geen KNMI/RIVM-meting, plaatselijke metingen in Venray.

We gaan uit van twee mogelijke statistische modellen:

$$\underline{y} = a\underline{x} + b + \xi \quad (\text{B.1})$$

$$\underline{y} = a_1 \log(\underline{x}) + b_1 + \xi \quad (\text{B.2})$$

$$y = \text{Kmol NH}_4^+/\text{ha/jr}$$

$$x = \text{ton NH}_3/\text{km}^2/\text{jr}$$

$$\xi = N(0, T)$$

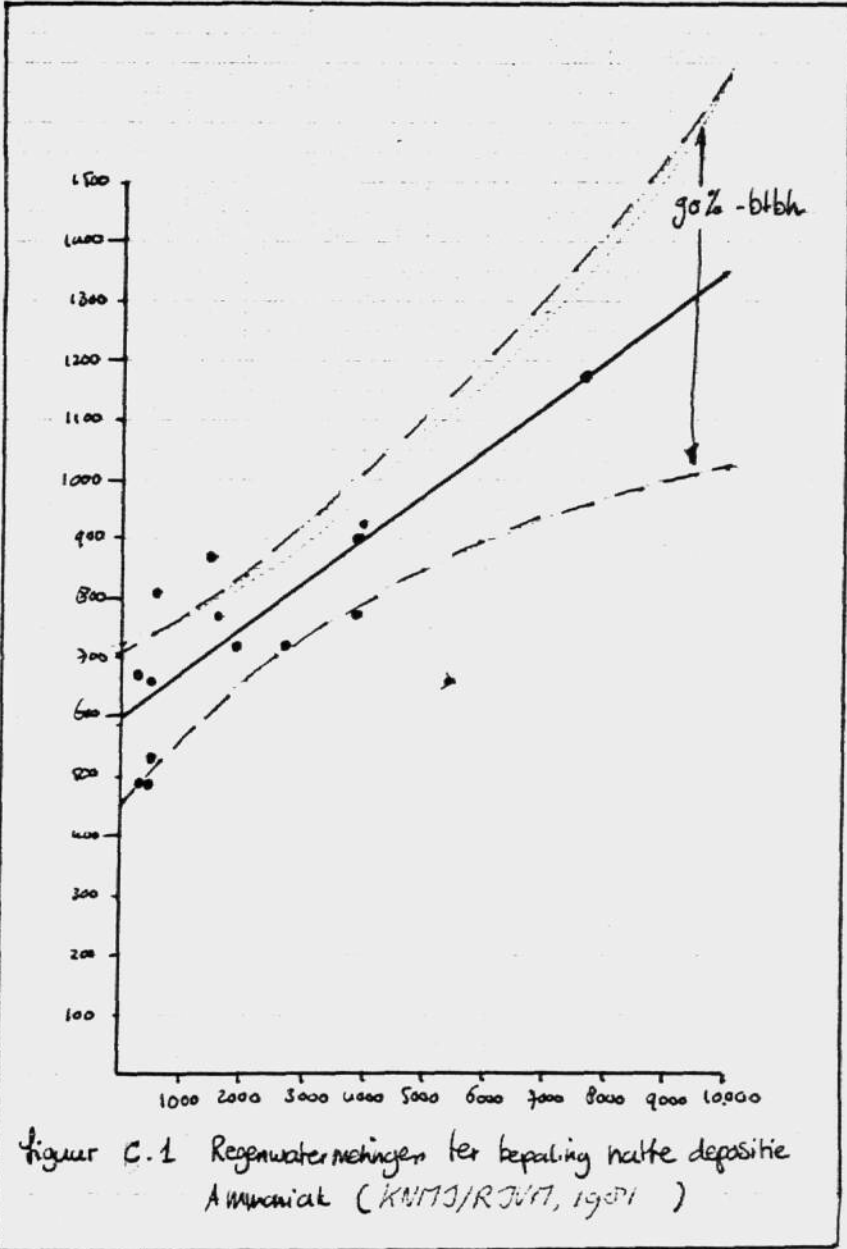
De kleinste kwadraten methode levert:

$$a = 0,0076 \quad b = 591 \quad \text{var}(a) = 0,00053 \quad (\text{s.d.} = 30\%)$$

$$a_1 = 382 \quad b_1 = -267 \quad \text{var}(a_1) = 1,13 \cdot 10^4 \quad (\text{s.d.} = 28\%)$$

Omdat de twee modellen niet veel verschillen in nauwkeurigheid, is gekozen voor vergelijking (B.1). Deze vergelijking is simpeler.

In figuur B.1 staan de metingen en 90%-betrouwbaarheidsband nog eens grafisch weergegeven.



Figur C.1 Regenwatermengen ter bepaling natte depositie Ammaniac (KNMIS/RJVT, 1951)

*Bylage C: : programma RINAL. Nitz. Scenario*

```

100 REM PROGRAMMA SCENARIO REGIONAAL
110 REM Dit programma berekent toekomstige CO2-emissies voor
120 REM verschillende regio's (5x5 km grids) uitgaande van een
130 REM te specificeren scenario.
140 REM Invoer: emissies rundvee, varkens, pluimvee en overige bronnen
150 REM per grid voor 1980.
160 REM Uitvoer: afhankelijk van het gekozen scenario naar
170 REM verschillende files.
180 REM
190 REM BELANGRIJKE VARIABELEN
200 REM I- index grid
210 REM NG- aantal grids
220 REM K- index jaar: 1=1985, 2=1990, 3=1995, 4=2000
230 REM SCS- keuze scenario, 1=ref, 2=low, 3=high, 4=zelfb
240 REM ER(I), EV(I), EP(I), ED(I)- emissies rundvee, varkens, pluimvee en
250 REM - overige bronnen 1980
270 REM NR(K), NV(K), NP(K), RS(K), RU(K)- stuurvariabelen scenario's
280 REM E(I,K)- toekomstige emissies
290 REM
300 DIM ER(11), EV(11), EP(11), ED(11)
310 DIM NR(4), NV(4), NP(4), RS(4), RU(4)
320 DIM E(11,4), E%(11,4)
330 REM
331 NG = 11
332 REM
340 REM _____(1) Keuze scenario.
350 HOME : VTAB 2: PRINT "***** RINAL NIB ELK *****"
355 VTAB 5: PRINT "Scenario mogelijkheden": PRINT
360 PRINT "1 Referentie scenario"
370 PRINT "2 Low-abatement scenario"
380 PRINT "3 High-abatement scenario"
390 PRINT "4 Zelfbouw scenario"
400 VTAB 12: HEAD 5: INPUT "Geef het nummer van Uw keuze "; SCS
410 IF SCS = "1" THEN GOSUB 2000: GOTO 1000
420 IF SCS = "2" THEN GOSUB 3000: GOTO 1000
430 IF SCS = "3" THEN GOSUB 4000: GOTO 1000
440 IF SCS = "4" THEN GOSUB 5000: GOTO 1000
450 GOTO 350
1000 GOSUB 6000
1100 REM
1110 REM _____(2) Berekening emissies grids voor 80,
1120 REM _____ 85, 90, 95 en 2000.
1130 REM _____(2.1) Inlezen ER, EV, EP en ED.
1140 DATA 1,66,6,7,10
1150 DATA 2,79,33,10,7
1160 DATA 3,57,11,5,6
1170 DATA 4,123,46,15,10
1180 DATA 5,49,10,13,13
1190 DATA 6,45,36,34,20
1200 DATA 7,54,22,11,9
1210 DATA 8,35,5,7,7
1220 DATA 9,46,22,21,6
1225 DATA 10,116,30,54,15
1230 DATA 11,41,22,6,9
1240 FOR I = 1 TO NG
1250 READ K, ER(I), EV(I), EP(I), ED(I)
1260 NEXT
1300 REM _____(2.2) Berekening nieuwe emissies.
1305 VTAB 5: HEAD 1: CALL - 958
1307 VTAB 5: PRINT "Emissie waarden (ton/jaar)"
1308 FOR K = 0 TO 4: VTAB 8: HEAD K * 6 + 6: PRINT 1980 + K * 5: NEXT
1309 VTAB 8: PRINT "GRID"

```



Bijlage D : programma RINAL NITS Verspreiding

```

100 REM -----VARIABLEN
110 DEF EA(21,11): REM BHESSIS AANTIAK (ton/grid/jaar)
120 DEF VX(11): REM DEPOSITIE Snelheden PER GRID (m/s)
130 DEF CA(21,11): REM AANTIAK CONCENTRATIE (ug/m3)
140 DEF DA(21,11): REM BHESSIS GEEFEN AANTIAK (rool/ha/jaar)
150 DEF DK(21,11): REM HAT GEEFEN AANTIAK (haol/ha/jaar)
200 REM -----PARAMETERS EN CONSTANTEN
210 R = 2821: REM STRAAL ERKENTVERMOT (m)
220 A = 0.2: B = 0.76: U = 4.0: REM JAARMIJDELIJKE METRO
230 PI = 3.141: REM TRIVIAAL ??
240 C1 = (1E - 5) / 17 * 3600 * 24 * 365: C2 = 1 / 18
245 C3 = (1E12) / 3600 / 24 / 365: REM ARBITRAIR
250 S1 = 0.00004: S2 = 0.591: REM REGRESSIE WAARDEN VOOR NATTE DEPOS
260 NG = 11: NU = 21: REM RESP AANTAL GRIDS EN AANTAL JAREN
300 REM -----(1) SCHERM INITIALISATIE
310 HDE : VTAB 2: PRINT "***** RINAL NITS *****"
400 REM -----(2) DIVER BHESSIS
410 VTAB 5: PRINT "Deef de naam van de ontzette file": PRINT : INPUT "
": TS
425 DS = CIRS (4)
427 PRINT DS: OPEN RDVAL.NED.BHESSISPADEN.TS: PRINT DS: READ RDVAL.NED.BHE
SPADEN.TS
430 VTAB 10: PRINT "Inlezen van de ontzette GRID:"
440 FOR I = 1 TO IG: VTAB 10: HDEB 32: PRINT I " ": FOR T = 1 TO NU: INPUT
FACT,1): NEXT : NEXT
445 PRINT "LOSE"
500 REM -----(3) DIVER DEPOSITIE Snelheden
510 PRINT "DEF RDVAL.NED.DEPOSITIESNELHEDEN"
520 PRINT "READ RDVAL.NED.DEPOSITIESNELHEDEN"
530 VTAB 10: PRINT "Inlezen van de depositiesnelheden "
540 FOR I = 1 TO NG: INPUT VX(1): NEXT
545 PRINT "LOSE RDVAL.NED.DEPOSITIESNELHEDEN"
550 REM -----(4) VERDERE SCHERM OPWAAK
554 VTAB 10: HDEB 1: CALL - 958
555 HDEB 1: VTAB 12: PRINT "jaar " : HDEB 30: VTAB 12: PRINT "Grid "
560 HDEB 1: VTAB 14: PRINT "NED ontzette (ton/grid/jaar)"
570 HDEB 1: VTAB 15: PRINT "Depositie snelheid (cm/s)"
580 VTAB 19: PRINT "NED conc. Drog geded Hat geded "
582 VTAB 30: PRINT "(ug/m3) (mol/ha/jaar) (rool/ha/jaar)"
590 FOR I = 1 TO NG:
610 VTAB 12: HDEB 36: PRINT I " "
620 FOR T = 1 TO NU
630 VTAB 12: HDEB 6: PRINT T + 1979
640 VTAB 14: HDEB 21: PRINT EA(T,1) " "
650 VTAB 15: HDEB 21: PRINT EH (100 * VX(1)) " "
700 REM -----(5) BEREKENING CONCENTRATIE AANTIAK
800 NG: (5.1) BEREKENING GEMIDDELDDE BHESSIE
810 HDE = - VX(1) * SUR (2): H2 = EXP ((1 - B) * LOG (R)): H3 = 0 * SUR
(P1) * A * (1 - B)
820 Q = EXP (H1 * H2 / H3)
900 REM -----(5.2) BEREKENING ORI (zie NED model)
910 CR = (1 - Q) / VX(1) / PI / (R * R)
1000 REM -----(5.3) BEREKENING CIRC
1010 CA(T,1) = CR * EA(T,1) * C1
1020 VTAB 21: HDEB 4: PRINT EH (CA(T,1)) " "
1100 REM -----(6) BEREKENING NATTE DEPOSITIE
1110 DA(T,1) = CA(T,1) * VX(1) * C1
1120 VTAB 21: HDEB 15: PRINT EH (DA(T,1) * 1000) " "
1200 REM -----(7) BEREKENING NATTE DEPOSITIE
1210 DK(T,1) = S1 * EA(T,1) + S2
1290 VTAB 21: HDEB 30: PRINT EH (DK(T,1) * 1000) " "

```

b-2

(17) 24.1.79

```

1390 NEXT
1400 REM -----(8) LUYKER OVERGANG
1410 VTAB 23: HDEB 25: DIVERSE : PRINT "NED KONTROL: EAME " : END : PRINT
1420 VTAB 10: CALL - 958
1430 PRINT "Deef de naam van de resultaten file": INPUT : EAME " " : S
5
1435 PRINT "OPEN RDVAL.NED.CHECKPADEN.TS"
1440 PRINT "WRITE RDVAL.NED.CHECKPADEN.TS"
1450 FOR I = 1 TO NG: FOR T = 1 TO NU: PRINT CA(T,1): PRINT DA(T,1): PRINT
DK(T,1): NEXT : NEXT
1460 PRINT "CLOSE RDVAL.NED.CHECKPADEN.TS"
1500 VTAB 15: PRINT "Valt U uitvoer naar de printer (J/N)": PRINT
1510 INPUT " " : JS
1520 IF (JS & & "J") AND (JS & & "N") THEN GOTO 300
1530 PRINT "Y": PRINT " "
1540 PRINT "CONCENTRATIEPADEN OP BASIS VAN": PRINT : PRINT " " TS
1550 PRINT : PRINT
1552 FOR I = 1 TO NG
1555 PRINT "GRID DEPOS.SNELH JAAR NED.BHESS. CONCENTRATIE DEPOS.ROEG
DEPOS.WT"
1558 PRINT " (C16) (TCH/GR/JR) (LCA/H**3) (KCL/HA/JR)
(CSCL/HA/JR)"
1570 PRINT "I: IF I & 10 THEN PRINT " ": PRINT " " DE (100 * VD
(1)):
1580 FOR T = 1 TO NU
1585 IF T & 1 THEN PRINT " " :
1590 PRINT " " T + 1979" " EA(T,1): IF EA(T,1) & 100 THEN PRINT
" " :
1595 PRINT " " CA(T,1) " DA(T,1) " DK(T,1)
1600 NEXT : NEXT
1610 PRINT "LOSE"
2000 VTAB 18: HDEB 1: PRINT "***** RINAL NITS *****"

```