

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU
BILTHOVEN

Rapport nr 714801015

**Nitraat in het bovenste grondwater
in de zandgebieden van Nederland;
Een geografisch beeld op basis van
monitoringgegevens en een vergelijking
met de resultaten van procesmodellen**

L.J.M. Boumans en G. van Drecht

februari 1998

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal Milieubeheer van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie Drinkwater, Water en Landbouw en maakt deel uit van het thema vermessing.

(projectnummer 714801, Monitoring bodem)

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
telefoon: 030 - 274 91 11, fax: 030 - 274 29 71

VERZENDLIJST

- 1-5 Directeur van de Directie Drinkwater, Water en Landbouw van het
Directoraat-Generaal Milieubeheer van het Ministerie van VROM - G.J.A. Al
- 6 plv. Directeur-Generaal Milieubeheer - B.C.J. Zoeteman
- 7 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Landbouw
- 8 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Natuur
- 9 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij,
directie Landbouwkundig Onderzoek
- 10 Directeur van het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO)

- 11 Directeur van het RIZA
- 12 Directeur van het Staring Centrum (SC-DLO)
- 13 Directeur van het Centrum voor Landbouw en Milieu
- 14 Directeur van het KIWA

- 15 J.F.M. van Vliet, DGM/DWL
- 16 P.L.M. Henkens, DGM/DWL
- 17 R.J.T. van Lint, DGM/DWL
- 18 M.M. Dorenbosch, DGM/DWL
- 19 H.O. Hooghoudt, DGM/DWL
- 20 N.J. Molenaar, DGM/DWL
- 21 A. Roos, DGM/DWL
- 22 R.A. Donker, LNV/DL
- 23 A. van Straaten, LNV/DL
- 24 H. Smit, LNV/DL

- 25 T. de Haan LEI-DLO
- 26 W. de Hoop LEI-DLO

- 27 I.G.A.M. Noij, SC-DLO
- 28 C. Roest, SC-DLO
- 29 O.F. Schoumans, SC-DLO
- 30 P. Boers, RIZA
- 31 F. Verstraten, IKC/L

-
- 32 H.J. Westhoek, IKC/L
33 C.G.E.M van Beek, KIWA
34 D.J. den Boer, NMI
35 W. Bussink, NMI
36 H.F.M. Aarts, AB-DLO (Wageningen)
37 O. Oenema, AB-DLO (Haren)
38 F.G. Wijnands, PAGV
39 J. Remmers, Natuur en Milieu
40 D. Boschma, Nederlandse Melkveehouderij Vakbond
41 P. Vertegaal, Waterpakt
42 G.J.W. Krajenbrink, Waterleiding Laboratorium Oost
43 Depot van Nederlandse publikaties en Nederlandse bibliografie
- 44 Directie RIVM
45 N.D. van Egmond
46 F. Langeweg
47 L.H.M. Kohsiek
- 48 T. Bresser (LWD)
49 N.J.P. Hoogervorst (LAE)
50 L. van Liere (LWD)
51 J.H.C. Mülschlegel (LWD)
52 J. Notenboom (LWD)
53 R. Reiling (MNV)
- 54 R. van den Berg
55 G.P. Beugelink
56 J.J.B. Bronswijk
57 H.F.R. Reijnders
58 W. van Duijvenbooden
59 J.J.M. v. Grinsven
60 R. Jeths
61 J.W. de Kwaadsteniet
62 H.L.J. van Maaren
63 C.R. Meinardi
64 H.F. Prins

65 D. Wever

66 W.J. Willems

67 Hoofd Bureau Voorlichting en Public relations, RIVM

68 Bureau Rapportenregistratie

69 Bibliotheek RIVM

70-81 Deelnemers overleg provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten

82-132 LEI-Boekhouders

133-143 Auteurs

144-190 Bureau Rapportenbeheer

INHOUDSOPGAVE

VERZENDLIJST	2
ABSTRACT	6
SAMENVATTING	7
1 INLEIDING	8
1.1 Algemeen	8
1.2 Nitraatuitspoeling en -concentraties in het grondwater bij proefvelden	8
1.3 Procesmodellen voor nitraatuitspoeling en -concentraties in het grondwater ..	9
1.4 Geografisch beeld van nitraatconcentraties in het grondwater volgens procesmodellen	10
1.5 Geografische beelden van nitraatconcentraties in het grondwater op basis van metingen op praktijkbedrijven	11
1.6 Doel, beperking en aanpak van het onderzoek	12
2 SCHATTEN VAN NORMOVERSCHRIJDING OP BASIS VAN MONITORING-GEGEVENS: NTRUE	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Model voor bos en heideveld op zandgrond	14
2.3 Model voor landbouw op zandgrond	15
3 NITRAATCONCENTRATIES IN HET BOVENSTE GRONDWATER IN DE ZANDGEBIEDEN, BEREKEND MET NTRUE	19
3.1 Geografisch beeld voor landbouw, bos en heideveld	19
3.2 Vergelijking van NTRUE met NLOAD	20
4 CONCLUSIES	24
Literatuur	25
BIJLAGE A Nitraatconcentraties en bijbehorende oppervlakten	27
BIJLAGE B Berekening van de nitraatconcentratie per gridcel	33
BIJLAGE C Regressiemodel voor bos en heideveld	37
BIJLAGE D Regressiemodel voor landbouw	46
BIJLAGE E Kaarten	53

ABSTRACT

Models relating nitrogen supply and nitrate leaching are based upon scientific knowledge and experiments. These deterministic models are used for scenario analysis to reduce nitrate leaching. The models also give a geographical view of nitrate in the uppermost groundwater. Because of the difference in scale between experimental fields and a geographical view, systematic differences between reality (measurements) and model calculations can occur. Our goal is to make a geographical view of the Netherlands for the occurrence of nitrate in the uppermost groundwater of agricultural land and of forests, by statistical interpolation of measurements. Indications will be given of magnitude and origin of the differences between deterministic and statistical models.

SAMENVATTING

In dit rapport wordt een geografisch beeld gegeven van normoverschrijding door nitraat in het bovenste grondwater bij landbouw, bos en heideveld in de zandgebieden onder omstandigheden van een gemiddeld neerslagoverschot. Het beeld is verkregen met behulp van een groot aantal metingen die het RIVM de afgelopen jaren heeft verzameld met diverse monitoringprogramma's, en die statistisch geïnterpoleerd worden. Volgens het statistische model wordt de norm voor nitraat overschreden op 77-85% van de oppervlakte landbouw, bos en heideveld. Het statistische nationale beeld, dat is gebaseerd op metingen in de praktijk, is vergeleken met NLOAD, een procesmodel welke is gebaseerd op proefveldonderzoek. NLOAD is o.a. gebruikt voor de Milieubalans en Milieuverkenning. De nitraatconcentraties volgens NLOAD zijn lager dan volgens het statistische model. Volgens het statistische nationale geografische beeld is minstens 94% van het landbouwoppervlak in de zandgebieden boven de norm. Volgens NLOAD is dit ongeveer 70%.

Als mogelijke oorzaken voor de verschillen worden genoemd:

- 1- verouderde informatie over de grondwaterstand op de bodemkaart;
- 2- efficiënter gebruik van stikstof op proefvelden dan in de praktijk;
- 3- stikstofgiften zijn te weinig gedetailleerd bekend om te gebruiken als invoer voor NLOAD.

In het kader van de Watersysteemverkenning 1996 hebben het RIZA en het SC-DLO eveneens de metingen vergeleken met uitkomsten van het procesmodel ANIMO. Hun conclusie was dat ANIMO de concentraties overschat voor het overgrote deel van de zandgebieden.

De geconstateerde verschillen indiceren dat het oppervlak aan landbouwgrond in de zandgebieden, waar de nitraatnorm in het bovenste grondwater wordt overschreden, in werkelijkheid enkele tientallen procenten hoger is dan gerapporteerd in de Milieuverkenningen.

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

De bodem wordt belast met stikstof waardoor nitraat kan uitspoelen en een bedreiging vormt voor het diepe grondwater en het oppervlaktewater. Het diepe grondwater is ongeschikt voor menselijke consumptie indien de nitraatconcentratie hoog is. In het oppervlaktewater kunnen eutrofiëringsverschijnselen optreden indien de nitraatconcentratie hoog is. Meting van de uitspoeling naar het diepe grondwater en het oppervlaktewater is technisch moeilijk. Meting van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater is makkelijker. Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater zijn indicatief voor de uitspoeling naar het diepe grondwater en naar het oppervlaktewater.

De relatie tussen stikstofbelasting bij landbouw en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wordt beschreven door diverse procesmodellen. Deze modellen zijn gebaseerd op proceskennis en resultaten van proefveldonderzoek of van onderzoek op voorbeeldbedrijven. De procesmodellen berekenen de effecten van bemestings-scenario's, die moeten leiden tot een geringere bedreiging van grond- en oppervlaktewater. Enkele procesmodellen zijn ook toegepast om een geografisch beeld te geven van nitraatconcentraties in het grondwater bij landbouw (Watersysteemverkenning, Milieubalans, Milieuverkenning).

Geografische beelden van nitraatconcentraties bij landbouw zijn ook samengesteld op basis van meetgegevens op praktijklandbouwbedrijven (Boumans en Van Drecht., 1995). Hierbij werd geen rekening gehouden met de invloed van verschillen in neerslag, zoals die van jaar tot jaar kunnen optreden, op de nitraatconcentraties. Door hiermee wel rekening te houden, kan beter worden vergeleken tussen geografische beelden volgens meetgegevens (statistisch model) enerzijds en volgens procesmodellen anderzijds.

1.2 Nitraatuitspoeling en -concentraties in het grondwater bij proefvelden

Van Drecht et al. (1991) beschrijven een eenduidige relatie tussen de N-belasting door minerale N en uitspoeling voor zandgrasland met een eenvoudig model. Dit model wordt in het vervolg "VELD" genoemd en is afgeleid uit proefveldgegevens (Ruurlo) en gegevens van 10 voorbeeldbedrijven, stikstofproefbedrijven (melkveehouderijen) van het NMI (Boumans et al., 1986). In de praktijk bestaat circa 80% van de toegediende hoeveelheid N uit minerale N. Volgens het model VELD neemt in het traject 500-1000 kg/(ha.a) de uitspoeling toe van 69 tot 297 kg/(ha.a) respectievelijk 14 en 30% van de toegediende hoeveelheid. Bij een neerslagoverschot van 270 mm

betekent dit een gemiddelde toename van de nitraatconcentratie van 108 tot 470 mg/l of gemiddeld 72 mg/l per 100 kg/(ha.a) stikstoftoediening. Deze berekening geldt voor een kwetsbare zandgrond (Gt VII*).

Overeenkomstige resultaten van proefveldonderzoek worden vermeld door Kolenbrander (1981). Kolenbrander geeft een eenduidige relatie voor de toegediende hoeveelheid minerale stikstof en nitraatuitspoeling op gemaaid grasland op zandgrond en een grondwaterspiegel op 1 meter beneden maaiveld. Bij een N-toediening van 500 - 1000 kg/(ha.a) wordt een gemiddelde toename gevonden van ongeveer 70 mg/l per 100 kg/(ha.a). Vaak wordt de uitspoeling berekend als een fractie van het stikstofoverschot. Het is waarschijnlijk dat in dit traject een toename van de gift overeenkomt met een gelijke toename van het overschot. De relatie van Kolenbrander komt goed overeen met VELD en met NLOAD, zie volgende paragraaf.

1.3 Procesmodellen voor nitraatuitspoeling en -concentraties in het grondwater

NLOAD (Van Drecht en Schepers, 1997) berekent nitraatconcentraties in het grondwater bij landbouwgewassen voor een langjarig gemiddelde bemestings- en weerssituatie. De geografische N-belasting wordt door het LEI-DLO berekend op basis van scenariobeschrijvingen van het RIVM en de gegevens uit de landbouwtellingen van het CBS. De uitgespoelde hoeveelheid stikstof wordt vertaald in een concentratie met het gemiddelde neerslagoverschot en gecorrigeerd voor het gemiddelde grondwaterstandsverloop, Gt. In van Drecht et al. (1991) zijn de resultaten van o.a. NLOAD statistisch geëvalueerd op een wijze die is voorgesteld door Loague et al. (1991) en beschreven in het rapport "Nitrate in Soils" (CEC, 1991). Een verklaarde variantie van 70% wordt vermeld en een "root mean squared error" van 38%. Nemen we aan, dat gemiddeld een uitspoeling van 100 kg/(ha.a) is gemeten, dan volgt hieruit een standaardfout voor de N-uitspoeling van 38 kg/(ha.a), of ongeveer 55 mg/l aan nitraat, bij Gt VII* (bij Gt VII* is de grondwaterstand het diepst en spoelt nitraat het makkelijkst uit). NLOAD onderschat de uitspoeling van akkerbouw en van maïs (Van Drecht et al., 1991, 1993, 1997).

De invloed van de Gt op de nitraatconcentratie in NLOAD is afgeleid van een Gt- en nitraat-kartering op 10 melkveehouderijen in het zandgebied (stikstofproefbedrijven van het NMI; Boumans et al., 1986). Het onderzoek vond plaats in samenwerking met het NMI en SC-DLO. Er zijn in 1984 ongeveer 900 grondwatermonsters genomen en onderzocht op nitraat. Ter plaatse van het monsterpunt is ook de Gt vastgesteld.

NLOAD berekent een toename van de stikstofuitspoeling in het traject van 500 - 1000 kg/(ha.a) van 77 - 265 kg/(ha.a) ofwel van 15% naar 27% van de gift. Bij een neerslagoverschot van 270 mm en Gt VII*, neemt de nitraatconcentratie gemiddeld toe met ongeveer 60 mg/l per 100 kg/(ha.a).

ANIMO is een dynamisch model en berekent nitraatconcentraties voor de actuele situatie bij landbouwgewassen, (Boers et al., 1996). Dat wil zeggen dat rekening wordt gehouden met weers- en bemestingsfluctuaties in de tijd. De hoogte van de grondwaterstand bepaalt in ANIMO de mate van denitrificatie en daardoor ook de nitraatconcentratie. ANIMO is vergeleken met proefveldonderzoek en andere modellen (CEC,1991). Nitraatconcentraties op het niveau van de gemiddeld laagste grondwaterstand, GLG, en een meter onder GLG zijn met ANIMO berekend (Boers et al., 1997). Het verschil tussen de gemiddelde concentraties van deze twee niveaus bedraagt ruwweg een factor 2. De benodigde geografische N-belasting is berekend met LEI-gegevens. De ANIMO berekeningen zijn vergeleken met de monitoringgegevens van het RIVM (Boers et al., 1997). ANIMO berekent een gemiddelde nitraatconcentratie op zandgrasland die 2 tot 2,5 maal hoger is dan de gemiddelde gemeten nitraatconcentratie in 1992 op de praktijkbedrijven. Als oorzaak wordt gemeld dat "een gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand is gesimuleerd, die circa een meter dieper ligt dan de gemiddelde grondwaterstand die is waargenomen bij het uitvoeren van de nitraatbemonstering door het RIVM". Voor maïs en bouwland, ongeveer 1/3 van het oppervlak, vallen de gemeten concentraties tussen de berekende concentraties voor de twee grondwaterniveaus.

1.4 Geografisch beeld van nitraatconcentraties in het grondwater volgens procesmodellen

De procesmodellen NLOAD en ANIMO zijn ook toegepast om een geografisch beeld van nitraatconcentraties in het bovenste grondwater te creëren. (Watersysteemverkenning, Milieubalans, Milieuverkenning). Het gebruik van proefveldgegevens (lokale schaal) om op landelijke schaal voor de praktijksituatie nitraatconcentraties te berekenen wordt "opschalen" genoemd. Resultaten van berekeningen voor de praktijksituatie op nationale schaal met procesmodellen kunnen systematisch afwijken van metingen van de praktijksituatie. Dit noemen we "opschaal-effecten". Mogelijke opschaaleffecten worden veroorzaakt doordat,

- 1) het geografisch beeld van het grondwaterstandsverloop, geclassificeerd als grondwatertrap of Gt volgens bodemkaarten, is verouderd (Van het Loo, 1997). De grondwaterstand ligt tegenwoordig dieper dan 30 jaar geleden;
- 2) de N-toediening op praktijkbedrijven minder efficiënt is dan op proefvelden en voorbeeldbedrijven;
- 3) de N-toediening in de praktijk te weinig gedetailleerd bekend is. Voor nationale berekeningen van de nitraatconcentratie wordt een gemeente gemiddelde N-toediening gebruikt. In werkelijkheid is er binnen een gemeente variatie in de toediening. Het percentage dat uitspoelt neemt meer dan evenredig toe met de toediening, volgens proefveldonderzoek.

De genoemde mogelijke oorzaken van opschaaleffecten leiden ertoe dat door procesmodellen lagere nitraatconcentraties worden berekend dan gemeten nitraatconcentraties in de praktijksituatie.

1.5 Geografische beelden van nitraatconcentraties in het grondwater op basis van metingen op praktijkbedrijven

Het RIVM heeft de afgelopen jaren nitraatconcentraties gemeten in het bovenste grondwater op landbouwpraktijkbedrijven, welke deel uitmaken van het LEI DLO bedrijven-informatie-net, en bij bos en heideveld (zie hoofdstuk 2). Voor elk van de datasets is een statistisch (regressie) model afgeleid dat nitraatconcentraties in het bovenste grondwater beschrijft. Beide modellen zijn alleen van toepassing op de zandgebieden. Het gebruik van de twee statistische modellen wordt NTRUE (NiTRate Uncertainty Estimation) genoemd.

De gemeten nitraatconcentraties in de praktijksituatie zijn in dit onderzoek gebruikt om een geografisch beeld te geven van normoverschrijding door nitraat in het bovenste grondwater van de zandgebieden. De gemeten nitraatconcentraties zijn statistisch gerelateerd aan geografisch bekende variabelen, namelijk de N-belasting, Gt en neerslag en verdamping. Dezelfde geografische variabelen, waarmee de statistische relatie is afgeleid, zijn gebruikt om nitraatconcentraties te schatten (interpolatie) van niet gemeten lokaties. Er zijn daarom geen opschaal-effecten. Onzekerheden worden direct geschat uit de afwijkingen tussen metingen en modeluitkomsten. Met deze methode wordt een correct geografisch beeld van nitraatconcentraties gegeven indien de meetlokaties aselekt zijn gekozen en indien rekening wordt gehouden met de factoren die de keus hebben beïnvloed (Gt en N-belasting).

Het statistische model hoeft niet persé in overeenstemming te zijn met proceskennis om een correct geografisch beeld te geven. Onjuiste gegevens over de geografische N-belasting leiden er toe dat het statistische model procesmatig niet correct is. Desalniettemin zal het statistische model dan toch nog een correct geografisch beeld geven. Er is wel zo goed mogelijk rekening gehouden met proceskennis over nitraatuitspoeling. Vandaar dat de variabelen van de procesmodellen en statistische modellen deels met elkaar overeenkomen en hun invloeden in beide typen modellen kunnen worden vergeleken. Het procesmodel kan correct zijn maar door opschaling en onjuiste invoergegevens een niet correct geografisch beeld berekenen van de nitraatconcentraties.

Indien de rekenresultaten van procesmodellen overeenkomen met metingen op nationale schaal, dan zijn zulke gevalideerde procesmodellen beter bruikbaar om een geografisch beeld te geven en kunnen ze de effecten van bemestings-scenario's op nationale schaal berekenen. We hebben meer vertrouwen in een procesmodel, waarmee metingen op nationale schaal goed kunnen worden voor-

speld (gevalideerd procesmodel), dan in een statistisch model dat kunstmatig met de metingen in overeenstemming is gebracht.

1.6 Doel, beperking en aanpak van het onderzoek

Het doel van het onderzoek dat hier wordt gerapporteerd, is om;

- 1- Een geografisch beeld te geven van nitraatconcentraties, in het bovenste grondwater bij een gemiddeld neerslagoverschot, met een statistisch model dat is afgeleid van waarnemingen in de praktijk;
- 2- Dit beeld te vergelijken met het geografisch beeld volgens NLOAD, welke is gebaseerd op de resultaten van proefveldonderzoek en voorbeeldbedrijven;
- 3- De mogelijke oorzaken van verschillen aan te geven

Stedelijk gebied is buiten beschouwing gelaten, evenals de klei-veen gebieden. Hier zijn onvoldoende systematische nitraatgegevens van het bovenste grondwater beschikbaar.

In hoofdstuk 2 wordt de afleiding, de eigenschappen en het gebruik beschreven van twee regressiemodellen, welke zijn afgeleid van waarnemingen van de praktijk. In hoofdstuk 3 worden toepassingen van de twee regressiemodellen gepresenteerd waaronder een geografisch beeld van nitraat. Het gebruik van de regressiemodellen wordt NTRUE (NiTRate Uncertainty Estimation) genoemd. Het geografische beeld volgens NTRUE wordt vergeleken met het geografisch beeld volgens NLOAD. De grootte van de verschillen en hun mogelijke oorzaken worden onderzocht.

2 SCHATTEN VAN NORMOVERSCHRIJDING OP BASIS VAN MONITORINGGEGEVENS: NTRUE

2.1 Inleiding

Twee datasets met metingen zijn gebruikt om twee statistische modellen af te leiden waarmee nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in de zandgebieden worden geschat. De beide modellen dragen de verzamelnaam NTRUE.

Bijlage A bevat een fortranprogramma waarmee intervallen worden geschat, voor de som van gridceloppervlakten waar de nitraatconcentratie de streefwaarde 1, 2, 3 of 4 maal overschrijdt, bij een gemiddeld neerslagoverschot.

Bijlage B bevat een fortranprogramma waarmee geografische beelden van overschrijdingskansen worden berekend op basis van de twee regressiemodellen.

De afhankelijke variabele is de gemeten nitraatconcentratie. De onafhankelijke variabelen van de regressiemodellen bestaan uit beschikbare geografische gegevens. De regressiemodellen schatten bij zekere waarden voor de geografische variabelen, de verdeling van mogelijk te meten gridcelgemiddelde concentraties. Een gridcel is een oppervlakte van 500 X 500m. De kans dat in een gridcel een bepaalde gemiddelde concentratie wordt gevonden kan uit deze verdeling worden afgeleid. Indien de mediaan van deze verdeling groter is dan de grondwaternorm, wordt geconcludeerd dat we meer dan 50% kans hebben dat overschrijding van de grondwaternorm in deze cel wordt gemeten. Indien de 97,5% ondergrens van het schattingsinterval voor de mediaan kleiner is dan de grondwaternorm, wordt geconcludeerd dat we duidelijk meer dan 50% kans hebben op overschrijding van de grondwaternorm. Verwachtingswaarden en betrouwbaarheidsgrenzen worden geschat voor de mediaan. Voor de methodiek wordt verwezen naar Boumans (1994) en naar Boumans en Van Drecht (1995). De modellen worden behandeld in paragraaf 2.2 en 2.3 in de bijlagen A en B.

Het model voor bos en heideveld en het model voor landbouw zijn gebruikt om kansen te berekenen op overschrijding van de nitraatnorm van 50 mg/l in het bovenste grondwater van een gridcel. Beide kansen (bos en heideveld, landbouw) zijn gewogen gemiddeld met de respectievelijke oppervlakten per gridcel. De oppervlakten aan bos en heideveld en aan landbouw zijn ontleend aan de CBS-bodemgebruiksstatistiek, 1985. Kaart 8 geeft de verdeling van het oppervlakte aan natuur (bos en heideveld). Kaart 9 geeft de verdeling van de oppervlakte aan landbouw per gridcel.

De ondergrenzen (97,5%) voor overschrijdingskansen zijn, op overeenkomstige wijze, oppervlakte

gewogen gemiddeld per gridcel. Indien de gemiddelde ondergrens groter is dan de norm, is geconcludeerd dat we duidelijk meer kans hebben om een overschrijding te meten.

2.2 Model voor bos en heideveld op zandgrond

Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater bij bos en heideveld zijn gemeten in 155 gridcellen van 500 X 500m met bos en heideveld in de zandgebieden gedurende het winterhalfjaar 1989-1990, (Boumans en Beltman, 1991). De gemeten nitraatconcentraties zijn al eerder door middel van regressieanalyse gerelateerd aan de NHx-depositie, bodemtype en begroeiing (Boumans 1994). Omdat geografische bestanden zijn verbeterd, wordt het model hier opnieuw afgeleid.

Het regressiemodel is afgeleid en onderzocht met behulp van de statistische software "GENSTAT", (zie bijlage C) . Het regressiemodel luidt als volgt:

$$NO_3^{0,4} = 0,8622 - 0,3045 \cdot b2 - 0,4527 \cdot b3 + 0,1337 \cdot inter^{0,3} - 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot opnatsat^5$$

NO_3 = Afhankelijke variabele, de gemeten gridcelgemiddelde nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater

$b2$ = onafhankelijke variabele die de waarde 1 krijgt indien het dominante bodemtype bij bos en heideveld in een gridcel bestaat uit humuspodzolen en vaaggronden of uit arme eventueel natte bodemtypen, in andere gevallen is de waarde 0

$b3$ = onafhankelijke variabele die de waarde 1 krijgt indien het dominante bodemtype bij bos en heideveld in een gridcel bestaat uit goor-, beek- en broekeerden of uit veenachtige bodemtypen, in andere gevallen is de waarde 0.

Indien het dominante bodemtypen bestaat uit moderpodzolen en enkeerdgronden, of droge en rijke en droge bodemtypen, dan krijgen $b2$ en $b3$ de waarde 0. Hiermee zijn alle voorkomende bodemtypen geclassificeerd. Het dominante bodemtype bij bos en heideveld is afgeleid uit de digitale bodemkaart van Nederland (De vries en Denneboom, 1992) en met de landgebruik databank van Nederland (LGN; Thunnissen et al., 1992), zie kaart 1, bijlage E.

$inter$ = onafhankelijke variabele die in verband wordt gebracht met invang (interceptie) van atmosferische stikstof (droge en natte depositie).

De variabele is als volgt samengesteld;

inter = (naaldop/bosop) · (opxbh/bosop) · (NHx85)
 naaldop = oppervlak aan naaldhout in een gridcel (bewerking
 Bosstatistiek, 1985)
 bosop = bosoppervlakte „
 opxbh = som van produkten van opperhoogte en oppervlakte per
 opstand in een gridcel „
 NHx85 = droge en natte NHx-depositie in 1985 (Geïnterpoleerde
 waarden welke zijn berekend met DEADM voor Milieubalans,
 1996; zie kaart 2, bijlage E)

opnatsat oppervlak aan natuur in de gridcel en in de omliggende 8 gridcellen
 (Bewerking van LGN, zie kaart 3, bijlage E)

In afwijking met het eerder afgeleide model, is de afhankelijke variabele verheven tot de macht 0.4, de variabele *inter* verheven tot de macht 0.3 en de variabele *opnatsat* tot de macht 5. De ruis wordt daardoor minder afhankelijk van de instelling van de onafhankelijke variabelen. De nieuwe berekeningen van de NHx-depositie voor 1985 hebben geleid tot een statistisch slechter model dan het eerdere model, in Boumans (1994).

2.3 Model voor landbouw op zandgrond

De gemiddelde concentratie van landbouwpraktijkbedrijven is gemeten en niet de gridcelgemiddelde concentratie bij landbouw. Strikt genomen kan geen geografisch beeld voor nitraat worden gemaakt omdat de ligging van bedrijfsoppervlakten niet beschikbaar is. De oppervlakte aan landbouwgrond per gridcel is wel bekend. Het model wordt daarom gebruikt om gemiddelde concentraties te schatten voor het landbouwoppervlak van een gridcel. De oppervlakte landbouwgrond in een gridcel is van dezelfde orde van grootte als de oppervlakte van een bedrijf. Een gridcel heeft een oppervlakte van 25 ha. Van de bemonsterde veehouderijen heeft 25% een oppervlakte tussen de 10 en 20 ha, ongeveer 15% heeft een oppervlakte van meer dan 40 ha. De rest heeft een oppervlak tussen 20 en 40 ha.

Een regressiemodel voor gemiddelde nitraatconcentraties op landbouwbedrijven op zandgrond is eerder afgeleid met gemeten concentraties in 1992 en 1993 (Boumans en Van Drecht, 1995). Na 1993 zijn de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder landbouwgewassen gehalveerd,

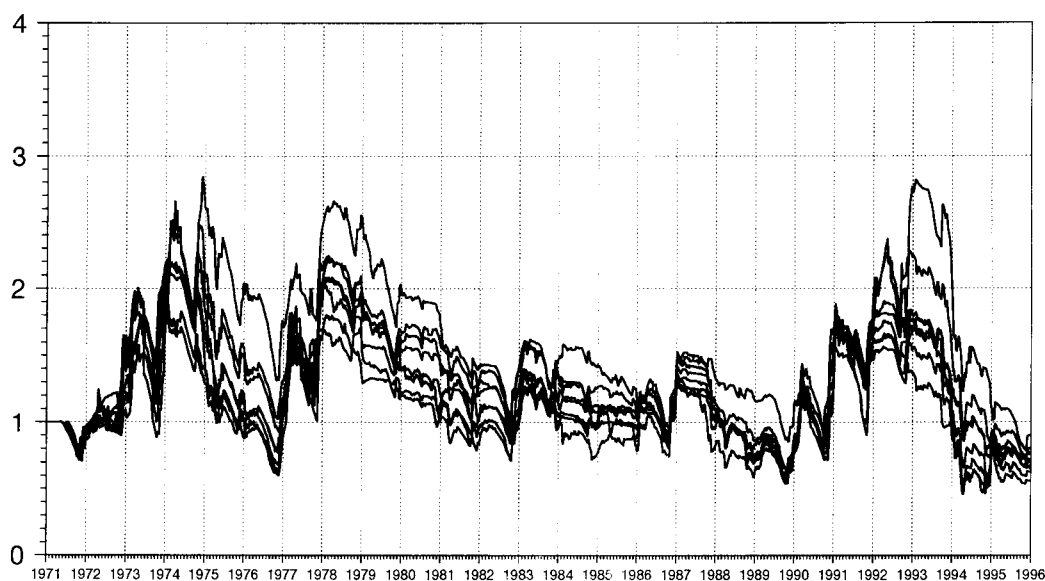
door een groter neerslagoverschot (Fraters et al.,1997). Daarom is een nieuw regressiemodel afgeleid dat nitraatconcentraties beschrijft en rekening houdt met weersgegevens, de grondwaterstand (Gt volgens de bodemkaart of de geografische Gt) en de geografische N-belasting. Het model is gebaseerd op onderzoek van 99 praktijkbedrijven in het zandgebied, gedurende de periode 1992-1995. Het regressiemodel is afgeleid en onderzocht met behulp van de statistische software "GENSTAT", (zie bijlage D) . Het regressiemodel luidt als volgt:

$$NO_3 = -13,1 + 54,6.(gtnorm) + 129,4.(gtdroog.conc) + 0,1488.(mest93.conc)$$

- NO₃*** = Gemeten bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in de bovenste meter van het verzadigde grondwater
- gtnorm*** = Oppervlakte fractie Gt V,V*,VI op het bedrijf volgens de bodemkaart
- gtdroog*** = Oppervlakte fractie Gt VII en Gt VII* op het bedrijf
- mest93*** = Som van stikstof uit dierlijke mest, kunstmest, beweiding en atmosferische depositie in 1993 per gemeente per bodemtype/landgebruik (berekeningen voor Milieubalans 1996)
- conc*** = Genormeerde concentratie

De genormeerde concentratie vertegenwoordigt de invloed van het weer, met name het neerslagoverschot, op concentraties in de bovenste meter van het grondwater. Als de grondwateraanvulling 1 mm per dag bedraagt, is de genormeerde concentratie gelijk aan 1. Bij een grondwateraanvulling van 0.5 mm per dag, is de genormeerde concentratie gelijk aan 2. Figuur 1 geeft aan hoe de genormeerde concentratie door weersinvloeden varieert in de tijd. De figuur toont grote verschillen per weersdistrict tussen 1972 en 1996, en tussen de weersdistricten die in de zandgebieden zijn gelegen. Figuur 1 is berekend met maandoverzichten van het KNMI (Boumans et al.,1997). De waarde van de genormeerde concentratie, die is gebruikt bij de schattingen, is een gemiddelde per weersdistrict en ontwateringsbasis voor de periode 1972-1996. Door Boumans et al. (1997) is de genormeerde concentratie per bedrijf bepaald op basis van de datum en de waargenomen grondwaterstand per grondwatermonster. Deze grondwaterstand is niet geografisch beschikbaar. Om

een geografisch beeld te maken is de genormeerde concentratie bepaald met de bemonsteringsdatum en de Gt-verdeling per bedrijf. De Gt-verdeling van de oppervlakte landbouw in een gridcel is wel geografisch bekend.



Figuur 1; *Genormeerde concentratie in bovenste grondwater. Tijdsverloop van de 8 weersdistricten in de zandgebieden, Gt V en VI*

Een ontwateringsbasis is representatief verondersteld voor een groep geografische-Gt's, zie tabel 1. Per landbouw bedrijf is het oppervlaktepercentage voor elke (geografische) Gt vastgesteld. Een genormeerde concentratie is berekend per bemonsteringsdatum, Gt-groep, datum en weersdistrict. Per bedrijf zijn de genormeerde concentraties gewogen gemiddeld over het oppervlaktepercentage van de aanwezige geografische-Gt's en het aantal monsters per bemonsteringsdatum.

De verschillen tussen beide typen genormeerde concentraties zijn overigens klein. De methodiek wordt verder beschreven in Boumans et al.(1997), bijlage 1. Kaart 6 geeft een overzicht van genormeerde concentraties per Gt en weersdistrict die zijn gemiddeld over de periode 1972-1996. De scheiding tussen weersdistricten valt op. De centrale stuwwallen krijgen vanwege hun hoogte meer regen. Het weersdistrict waarin de stuwwallen zijn gelegen omvat ook de Gelderse Vallei. Hier zal minder regen vallen dan in de rest van het district waardoor ook de genormeerde concentratie hoger is dan de kaart aangeeft.

Kaart 4 geeft de fractie Gt V, V* en VI van de oppervlakte landbouw per gridcel, *gtnorm*.

Kaart 5 geeft de fractie Gt VII en VII* van de oppervlakte landbouw per gridcel, *gtdroog*.

De Gt's zijn op deze wijze gegroepeerd op basis van de GLG of gemiddeld laagste grondwaterstand. Deze groepering van Gt's is beter gerelateerd aan de gemeten nitraatconcentraties dan een groepering op basis van de GHG of gemiddeld hoogste grondwaterstand.

Kaart 6 geeft de gemiddelde genormeerde concentratie over de periode 1972-1976, *conc*.

Kaart 7 geeft de stikstoftoediening middels dierlijke mest, kunstmest, beweiding en atmosferische depositie voor het jaar 1993 (Berekeningen voor de Milieubalans- 1996, zie paragraaf 1.3), *mest93*.

(In kaart 7 lijkt de berekende N-belasting voor zuidoost Noord-Brabant te laag. Hier wordt veel dierlijke mest geproduceerd. Blijkbaar wordt in dit scenario veel mest uit deze regio afgevoerd.)

(Kaarten staan in bijlage E)

Tabel 1; *Relatie tussen de Gt en de ontwateringsbasis die is gebruikt bij de berekening van de genormeerde concentratie*

Gt	Ontwateringsbasis
III, III*, IV	100 cm
V, V*, VI	150 cm
VII, VII*	200 cm

Bijlage D gaat in op de statistische kenmerken van het landbouwmodel. De belangrijkste procesmatige aspecten van het model worden hier behandeld.

Volgens het model neemt de nitraatconcentratie toe met diepere grondwaterstanden, minder neerslagoverschot en hogere N-belasting. Dit is naar verwachting.

Verder wordt verwacht dat de nitraatconcentratie meer dan evenredig toeneemt met de stikstoftoediening. Immers, bij meer toediening neemt het overschot meer dan evenredig toe. Dit proces wordt niet bevestigd door het model. Mogelijk is de geografische (ruimtelijke verdeling van de) N-belasting niet nauwkeurig genoeg bekend om dit proces te onderscheiden.

Volgens het model neemt de nitraatconcentratie toe met diepere grondwaterstanden zonder dat er stikstoftoediening is. Dit is onlogisch. Zulke situaties zijn ook niet waargenomen. Het model is dan ook alleen geldig voor voorspellingen binnen het traject van de geografische N-belasting, 200-800 kg/(ha.a), zie kaart 7, bijlage E.

3 NITRAATCONCENTRATIES IN HET BOVENSTE GRONDWATER IN DE ZANDGEBIEDEN, BEREKEND MET NTRUE

3.1 Geografisch beeld voor landbouw, bos en heideveld

Geschatte kansen op normoverschrijding in het grondwater bij landbouw en bos en heideveld, die groter zijn dan 50%, zijn per gridcel weergegeven in kaart 10. Deze is gebaseerd op waarnemingen van 99 praktijkbedrijven gedurende de periode 1992-1995 en op waarnemingen in bos en heideveld van 153 gridcellen in 1989. De nauwkeurigheid van de schatting is ook berekend. Deze schatting is gebruikt om aan te geven waar duidelijk meer dan 50% kans is op overschrijding van een bepaalde waarde, zie kaart 11.

De schattingen voor landbouw zijn gemaakt voor een gemiddeld neerslagoverschot, dat berekend is met behulp van meteo-gegevens. Dit was mogelijk omdat gedurende een periode van 5 jaar, 1992-1995, is gemeten gedurende welke de genormeerde concentratie meer dan een factor 2 verschilde. De schattingen voor bos en heideveld zijn gebaseerd op metingen in het winterhalfjaar 1989-1990. Volgens figuur 1 zijn er omstreeks die periode lage genormeerde concentraties in het bovenste grondwater. We nemen daarom aan dat de geschatte nitraatconcentraties, geldend voor een gemiddeld neerslagoverschot bij bos en heideveld, aan de lage kant zijn.

Volgens de kaarten 10 en 11 worden nitraatconcentraties onder de norm verwacht in natuurrijke gebieden, zoals de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug.

De schatting van een gridcelgemiddelde concentratie heeft een standaardfout van ongeveer 1 maal de norm. Dit betekent dat het 95% schattingsinterval ongeveer 4 maal de norm bedraagt. Vanwege de grootte van dit interval worden alleen schattingsintervallen gegeven voor overschrijdingskansen (kaart 13). Het totale gridceloppervlakte, waar de gemiddelde nitraatconcentratie de norm overschrijdt, staat in tabel 2.

Tabel 2; *Geschatte 95%-intervallen voor gridceloppervlakten (%) bij landbouw en bos in de zandgebieden, waar de norm 1 of meerdere malen wordt overschreden, bij een gemiddelde neerslagoverschot*

Normoverschrijding (50 mg/l)	Oppervlaktepercentage landbouw + bos schattingsinterval
< 1 x norm	17-22%
1-2 x norm	14-20%
2-3 x norm	20-25%
3-4 x norm	20-26%
> 4 x norm	14-22%

3.2 Vergelijking van NTRUE met NLOAD

Er zijn geen procesmodellen die de nitraatconcentratie berekenen voor het bovenste grondwater bij natuur. Twee procesmodellen zijn toegepast om een geografisch beeld van het bovenste grondwater bij landbouw te maken, namelijk ANIMO en NLOAD. ANIMO is al vergeleken met de RIVM-monitoringgegevens in het kader van de Watersysteemverkenningen 1996, zie paragraaf 1.3. Hier wordt het geografische beeld, volgens de monitoringgegevens, vergeleken met het geografische beeld volgens NLOAD. Kaart 12 geeft het geografische beeld van normoverschrijding bij landbouw, zoals berekend met NLOAD. Kaart 10 geeft de mate van normoverschrijding bij landbouw dat is berekend door NTRUE. De verschillen bedragen ongeveer een factor 2. Tabel 3 geeft een vergelijking tussen geografische beelden volgens NLOAD en NTRUE op basis van gridceloppervlakten met hun normoverschrijding. NLOAD berekent lagere concentraties dan NTRUE.

Tabel 3; *Vergelijking van berekende oppervlakten per nitraatklasse voor landbouw in de zandgebieden, volgens NLOAD en NTRUE*

Normoverschrijding (50 mg/l)	-----oppervlakte-----	
	NLOAD %	NTRUE %
< 1 x norm	29	0,8-6
1-2 x norm	35	13-21
2-3 x norm	32	25-31
3-4 x norm	4	26-33
> 4 x norm	0	18-27

NLOAD, dat is afgeleid van proefveldonderzoek, is gebruikt voor een geografisch beeld van de praktijksituatie. NTRUE, dat is afgeleid van metingen in de praktijksituatie, is hiervoor ook gebruikt. Mogelijke oorzaken voor de verschillen, zoals aangegeven in tabel 3 zijn moeilijk te achterhalen in de kaarten 10 en 12. NTRUE wordt daarom gebruikt om proefveldonderzoek te voorspellen, zie paragraaf 1.1.

NTRUE wordt vergeleken met het model VELD dat op een eenduidige manier de relatie beschrijft tussen N-belasting en gemeten uitspoeling. NLOAD is gekalibreerd met dezelfde meetgegevens. De vergelijking vindt ook plaats met de resultaten van een grondwaterbemonstering van 10 voorbeeldmelkveehouderijen in het zandgebied, in het groeizeizoen van 1987 (NMI). In 1987 was de genormeerde concentratie ongeveer 1,3 (figuur 1). De genormeerde concentratie van NTRUE is voor vergelijking met NMI gelijk aan 1,3 genomen. Dit komt overeen met 270 mm neerslagoverschot. De berekende N-uitspoeling, door VELD, is opgelost in 270 mm. Bij VELD is aangenomen dat toegediende minerale N gelijk is aan 80% van de totale gift. Voor de afleiding van VELD is door van Drecht et al. (1991) de hoeveelheid minerale N berekend als de som van de kunstmest N + 50% van de N uit dierlijke mest en beweiding. Beide schattingen komen vrijwel op dezelfde waarde van de minerale N uit.

Tabel 4; *Nitraatconcentraties bij verschillende stikstoftoedieningen en Gt's, resultaten van proefveldonderzoek, NLOAD- en NTRUE-berekeningen.*

(Boumans et al.,1989; Van Drecht et al., 1991, Van Drecht et al.,1997)

Gt	N-toediening kg/(ha.a)	-----nitraatconcentratie (mg/l)-----			
		NMI	VELD	NLOAD	NTRUE
VII*	818	270	276	302	313
VII	744	204	184	221	299
VI	697	142	126	154	167
V*	716	115	98	119	168
V	654	120	85	108	168
IV	688	106	81	99	120
III*	695	75	60	72	121
III	709	22	16	19	124
II	654	13	9	11	113

Bij een diepe grondwaterspiegel (GtVII*), voorspelt NTRUE ongeveer 13% hogere nitraatconcentraties dan VELD en NMI. De standaardafwijking van de ruis volgens NTRUE bedraagt ongeveer 50 mg/l. De conclusie is dat, bij Gt VII* en een N-belasting van 818 kg/(ha.a), NTRUE niet duidelijk verschilt met NMI, VELD en NLOAD. Verschillen die groter zijn dan ongeveer 50 mg/l worden wel beschouwd als duidelijk. Verschillen groter dan 50 mg/l komen voor bij nattere Gt's (II,III, V, VII). Volgens VELD, NMI en NLOAD komen nitraatconcentraties onder de norm voor bij Gt II en III (tabel 4). Deze Gt's komen voor in de Gelderse Vallei met een oppervlaktepercentage van ongeveer 20%. Indien Gt II, II*, en III zijn veranderd in Gt III* door drainage, dan kan dit het verschil verklaren tussen de twee geografische beelden. Vooral op niet herziene kaarten komt Gt III voor. Blijkbaar zijn de geografische Gt's "verdroogd".

Volgens NTRUE is de gemiddelde toename in nitraatconcentratie bij Gt VII en VII* en 270 mm neerslagoverschot, ongeveer 16 (12-21) mg/l per 100 kg/(ha.a) stikstofgift. Dit is minder dan volgt uit proefveldonderzoek (70 mg/l) en NLOAD (60 mg/l), zie paragraaf 1.1. Dit verklaart mede de verschillen van tabel 4. De oorzaak van de geringere afname bij NTRUE is mogelijk het minder efficiënte stikstofgebruik in de praktijk en dat de stikstoftoediening te weinig gedetailleerd bekend is.

De gemeten bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in de praktijk, waarmee NTRUE is afgeleid, zijn ook gebruikt om een regressiemodel af te leiden met het stikstofoverschot op bedrijfsniveau als verklarende variabele (Fraters et al., 1997). Het overschot is door het LEI-DLO berekend met kentallen van de bemonsterde bedrijven. De overige onafhankelijke variabelen Gt-verdeling en genormeerde concentratie, komen overeen. Dit model beschrijft dat, bij Gt VII en VII* en een neerslagoverschot van 270 mm, de nitraatconcentratie toeneemt met ongeveer 23 mg/l per 100 kg N-belasting, tussen 200 en 500 kg N-overschot. Dit is nog steeds minder dan volgt uit proefveldonderzoek (70 mg/l). Ook op bedrijfsniveau is de relatie tussen stikstoftoediening en de nitraatconcentratie niet overeenkomstig met proefveldonderzoek. De oorzaken blijven dezelfde; minder efficiënt stikstof gebruik en te weinig gedetailleerde gegevens over stikstoftoediening.

Bij voldoende diepe grondwaterstanden (Gt VII*) en hoge N-belasting zijn NLOAD en NTRUE met elkaar in overeenstemming. De nitraatconcentratie neemt minder af door nattere Gt's en lagere N-belastingen bij NTRUE dan bij NLOAD. Dit leidt ertoe dat de berekende normoverschrijding op basis van waarnemingen uit de praktijk aanzienlijk hoger is dan die op basis van NLOAD berekeningen en proefveldonderzoek. Het is opvallend dat door ANIMO juist hogere concentraties zijn berekend voor grasland op zand dan de metingen die zijn gebruikt bij de afleiding van NTRUE, zie paragraaf 1.3.

Samengevat zijn de mogelijke oorzaken voor het verschil tussen de kaartbeelden op basis van praktijkwaarnemingen (NTRUE, hogere nitraatconcentraties) en proefveldonderzoek (NLOAD, lagere nitraatconcentraties)

- De bodemkaart-Gt is verouderd en/of verschilt met de Gt die in het veld wordt waargenomen;
- In de praktijk is de N-toediening minder efficiënt dan bij proefvelden en voorbeeldbedrijven;
- De N-toediening is te weinig gedetailleerd bekend voor procesmodellen zoals NLOAD.

4 CONCLUSIES

De oppervlakte landbouw, bos en heideveld in de zandgebieden van Nederland, waar de norm voor nitraat in het bovenste grondwater wordt overschreden bij een gemiddeld neerslagoverschot in de periode 1992-1995, bedraagt 77 à 85%, volgens een statistische analyse van monitoringgegevens.

Metingen op praktijkbedrijven suggereren minder effect van een verlaging van de N-belasting op de nitraatconcentratie dan blijkt uit onderzoek op proefvelden en voorbeeldbedrijven. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de N-belasting van de bemonsterde praktijkbedrijven onnauwkeurig bekend is. De afgeleide statistische relatie tussen de N-belasting en de nitraatconcentratie op praktijkbedrijven, kan niet gebruikt worden om de effecten van een verminderde N-belasting te voorspellen.

De gemeten nitraatconcentraties bij de huidige landbouwpraktijk zijn hoger dan concentraties die met NLOAD worden berekend. Het verschil wordt geweten aan verouderde informatie over de Gt op bodemkaarten, efficiënter stikstofgebruik op proefvelden en voorbeeldbedrijven, en het gebrek aan detailinformatie over de N-toediening op bedrijfsniveau. Volgens een andere studie worden door een procesmodel (ANIMO) hogere concentraties berekend dan worden gemeten op praktijkbedrijven met grasland op zand. Een onjuiste invoer van de grondwaterstand wordt als mogelijke oorzaak aangegeven. Geografische beelden van nitraatconcentraties op basis van procesmodellen wijken tot nu toe systematisch af van meetgegevens uit de praktijk.

De geconstateerde verschillen indiceren dat het oppervlak aan landbouwgrond in de zandgebieden, waar de nitraatnorm in het bovenste grondwater wordt overschreden, in werkelijkheid enkele tientallen procenten hoger is dan gerapporteerd in de Milieuverkenningen.

Literatuur

Bleeker, A. en J.W. Erisman, 1997

Depositie van verzurende componenten in Nederland in de periode 1980-1995

RIVM-rapport nr. 722108018

Boers P.C.M. (red.), H.L. Boogaard, J. Hoogeveen, J.G. Kroes, I.G.A.M. Noij (red.), C.W.J. Roest, E.F.W. Ruijgh en J.A.P.H. Vermulst, 1997

Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw.

RIZA 97.012,SC-DLO 532, ISBN 9036950619

Boers P.C.M., P.A. Finke, J.J.M. van Grinsven en P. Groenendijk, 1996

Definitie en haalbaarheid van een interdepartementaal model voor de berekening van nutriënten emissie naar grondwater en oppervlaktewater

LBG briefrapport 0280/96 LBG/hg; RIZA werkdocument 06.081 X; DLO-Staring Centrum, Interne mededeling 414

Boumans L.J.M., C.R. Meinardi en G.J.W. Krajenbrink, 1989

Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden

RIVM-rapport nr. 728472013

Boumans L.J.M. en W.H.J. Beltman, 1991

Kwaliteit van het bovenste freatische grondwater in de zandgebieden van Nederland, onder bos en heidevelden.

RIVM-rapport no. 724901001

Boumans L.J.M. en G. van Drecht, 1995

Nitraat in het bovenste grondwater bij landbouwgewassen, bos en heideveld in de zandgebieden van Nederland

RIVM-rapport no. 714901004

Boumans L.J.M.,1994

Nitraat in het bovenste grondwater onder natuurgebieden op grond in Nederland

RIVM-rapport nr. 712300002

Centraal Bureau voor de Statistiek in samenwerking met Staatsbosbeheer, 1985
De Nederlandse Bosstatistiek, CBS

CEC, 1991
Nitrate in soils
ISBN 92-826-2757-8

Drecht G. van, 1993
Berekening van de nitraatbelasting van het grondwater. Achtergronddocument bij de Nationale Milieuverkenning 2 1990-2010
RIVM-rapport 714901001

Drecht G. van, F.R. Goossensen, M.J.D. Hack-ten Broeke, E.J. Jansen en J.H.A.M. Steenvoorden, 1991
Berekening van de nitraatuitspoeling naar het grondwater met behulp van eenvoudige modellen
RIVM-rapport 724901003

Drecht G. van en E.Scheper, in prep. 1997
Actualisering van model NLOAD voor de nitraatuitspoeling van landbouwgronden; beschrijving van model en GIS-omgeving
RIVM-rapport nr. 711501002

Fraters B., H.A. Vissenberg, L.J.M. Boumans, T. de Haan en D.W. de Hoop, in prep. 1997
Meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven in het zandgebied (MKBGL-zand) 1992-1995.

Genstat 5, 1987
Genstat 5 reference manual, Clarendon press, Oxford

Loo H. van het, 1997
Steekproef voor de bodemeigenschappen en grondwatertrappen van de bodemkaart van Nederland schaal 1:50 000
Rapport 483.2 DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1997

Vries F. de en J.Denneboom, 1992
De bodemkaart van Nederland digitaal, SC-DLO, Technisch Document I

BIJLAGE A Nitraatconcentraties en bijbehorende oppervlakten

c NTRUE, Boumans, van Drecht (1995,1997)

c bereken de fractie oppervlakte landbouw en bos op zand per nitraatklasse

c gridcelkaarten:

c nhx85 : NHx-depositie volgens MB96, geïnterpoleerd (bilinear)

c cbsland: oppervlakte landbouw (ha) volgens CBS-bodemstatistiek)

c cbsbos : oppervlakte bos (ha) volgens CBS-bodemstatistiek)

c cbsnat : oppervlakte natuur (ha) volgens CBS-bodemstatistiek)

c opnatsat: percentage bos&natuur in de OMGEVING volgens landsat 1

c opbos : oppervlakte bos volgens 4e bosstatistiek (tiende ha)

c opnaald: oppervlakte naaldbos van het BOS volgens 4e bosstatistiek

c opxbh : som van oppervlakte (tiende ha) x opperhoogte (m) per opstand

c repcon : correctiefactor voor het weer (-)

c mest93 : N-belasting van landbouwgrond (-emissie+atm. depositie)

c gt505160: percentage Gt-V,V* en VI van de landbouwgrond

c gt7071 : percentage GtVII en VII* van de landbouwgrond

c

integer gtnorm(560),gtdroog(560),regio(560)

real ndruk(560),repcon(560)

real gtn,gtd,druk,dik,dd,dg

integer nhx(560),opnatsat(560),opbos(560),opnaald(560)

integer opxbh(560),bodfak(560)

integer tel,cels,celmax,bodem,bos,land

real naaldhout,gemengd,frnld,interc,habos,bh ha

real cbsnat(560),cbsbos(560),cbsland(560)

real lnno3,relno3,norm,u,tno3,no3bos,no3land

real lagerb(4),hogerb(4),lagerl(4),hogerl(4),somk(5)

real somp,somha

real xc,yc,b1,b2,b3,rc1,rc2,rcxyof,rcx,rcy,sigb

real rl1,rl2,rl3,rl4,rlxyof,rlx,rly,sigl

c nitraat voor landbouw en/of bos,

c dat hangt af van een paar switches

bos=0

land=0

write(6,*)'nitraatklassen landbouw berekenen ? wel(1)/geen(0)'

read(5,*)land

write(6,*)'nitraatklassen bos berekenen ? wel(1)/geen(0)'

read(5,*)bos

write(6,*)'nitraatnorm ? , bijvoorbeeld 50'

read(5,*)norm

if(norm.eq.0)stop' geef waarde voor norm :'

open(unit=1,status='old',file='nhx85.map')

open(unit=2,status='old',file='regio.map')

open(unit=3,status='old',file='bodfak.map')

open(unit=4,status='old',file='opbos.map')

open(unit=7,status='old',file='opnaald.map')

open(unit=8,status='old',file='opxbh.map')

open(unit=9,status='old',file='opnatsat.map')

open(unit=10,status='old',file='mest93.map')

open(unit=11,status='old',file='repcon.map')

open(unit=12,status='old',file='gt505160.map')

open(unit=13,status='old',file='gt7071.map')

open(unit=14,status='old',file='cbsbos.map')

open(unit=15,status='old',file='cbsnat.map')

open(unit=16,status='old',file='cbsland.map')

write(6,*)' files ok'

if(land.eq.0.and.bos.eq.0)stop' nothing to do'

write(6,*)' uitvoer komt in bestand kansen.dat

```
open(unit=17,status='unknown',form='BINARY')
rewind 1
rewind 2
rewind 3
rewind 4
rewind 7
rewind 8
rewind 9
rewind 10
rewind 11
rewind 12
rewind 13
rewind 14
rewind 15
rewind 16

do 1 i=1,5
somk(i)=0
read(1,*)
read(2,*)
read(3,*)
read(4,*)
read(7,*)
read(8,*)
read(9,*)
read(10,*)
read(11,*)
read(12,*)
read(13,*)
read(14,*)
read(15,*)
read(16,*)
1 continue
c preproces de kaarten
celmax=0
do 2 i=1,650
read(1,*)(nhx(j),j=1,560)
read(2,*)(regio(j),j=1,560)
read(3,*)(bodfak(j),j=1,560)
read(4,*)(opbos(j),j=1,560)
read(7,*)(opnaald(j),j=1,560)
read(8,*)(opxbh(j),j=1,560)
read(9,*)(opnatsat(j),j=1,560)
read(10,*)(ndruk(j),j=1,560)
read(11,*)(repcon(j),j=1,560)
read(12,*)(gtnorm(j),j=1,560)
read(13,*)(gtdroog(j),j=1,560)
read(14,*)(cbsbos(j),j=1,560)
read(15,*)(cbsnat(j),j=1,560)
read(16,*)(cbsland(j),j=1,560)
c voor beide modellen gelijk
yc=(625000-(i-1)*500-250)/1000.

do 3 j=1,560
xc=((j-1)*500+250)/1000.

c landbouw,bos en natuur oppervlakte volgens CBS bodemstatistiek: (ha)
haland=cbsland(j)
druk=ndruk(j)
```

```

dik=repcon(j)
if(druk.le.0.or.dik.le.0.or.land.eq.0)haland=0
habos=cbsbos(j)+cbsnat(j)
bodem=bodfak(j)
ndep=nhx(j)
if(bodem.eq.0.or.ndep.eq.0.or.bos.eq.0)habos=0.
ha=haland+habos
c
  if(regio(j).le.5.and.ha.gt.0.00001)then
c bosmodel: tno3= genormeerde nitraatconcentratie (l=nitraatnorm)
c tno3**0.4=offset(bodem) + rc1*interceptie**0.3 + rc2*frnat**5
c offset is bodemafhankelijke coefficient (b1,b2,b3)
c 4eBOSstatistiek: gemiddelde boomhoogte (m) en fractie naaldhout
  gemengd=opbos(j)
  naaldhout=opnaald(j)
  bhxop=opxbh(j)
  frnld=0
  bh=0
  if(gemengd.gt.0)then
    frnld=naaldhout/gemengd
    bh=bhxop/gemengd
  endif
c interceptie:
c nhx-depositie in kmol/ha/jaar (let op de punt !)
  interc=frnld*bh*ndep/1000.
c bos en natuur LANDSAT als fractie (VAN DE OMGEVING!)
  frnat=opnatsat(j)/100.

c landbouwmodel:
c nitraat=r11+r12*gtn+r13*repcon(j)*ndruk(j)+r14*repcon(j)*gtd
c
  dik*druk          dik*gtd
  gtd=0.01*gtdroog(j)
  gtn=0.01*gtnorm(j)
  dd=dik*druk
  dg=dik*gtd
c hier gezamenlijke onafhankelijke combinatie factoren schrijven
write(17)xc,yc,bodem,interc,frnat,habos,gtn,dd,dg,haland
celmax=celmax+1
endif
3  continue
2  continue
close(1)
close(2)
close(3)
close(4)
close(7)
close(8)
close(9)
close(10)
close(11)
close(12)
close(13)
close(14)
close(15)
close(16)

c nu kunnen we de binary file uitlezen:
c binary file is combinatie van bos en landbouw
c regressiecoefficienten worden uit files ingelezen.

```

```

        if(bos.ne.0)then
        open(unit=1,status='old',file='rcbos.dat')
        rewind 1
        endif
        if(land.ne.0)then
        open(unit=2,status='old',file='rcland.dat')
        rewind 2
        endif
        open(unit=3,status='unknown',file='kansen.dat')
        rewind 3
        tel=0
c we gaan telkens een setje regressiecoefficienten voor bos of landbouw
c of allebei uitlezen en toepassen op alle gridcellen
10  continue
    if(bos.ne.0)read(1,*,end=30)b1,b2,b3,rc1,rc2,sigb,rcxyof,rcx,rcy
    if(land.ne.0)read(2,*,end=30)r11,r12,r13,r14,sig1,rlxyof,rlx,rly
    sigl=sqrt(sigl)
    sigb=sqrt(sigb)
    tel=tel+1
    write(6,*)tel
    cels=0
    somha=0
    rewind 17
    do 8 k=1,5
    somk(k)=0
8  continue
c hier begint loop voor alle gridcellen
    do 5 i=1,celmax
        read(17)xc,yc,bodem,interc,frnat,habos,gtn,dd,dg,haland
        if(habos.gt.0)then
c BOS BOS BOS BOS BOS
c bodemfaktor:
c bodem 1 = hoog, droog en rijk Gt VII, VII*
c bodem 2 = arm, Hd, Hn, Zd, Zn Gt VI,VII
c bodem 3 = veenachtig
            offset=b1
            if(bodem.eq.2)offset=b1+b2
            if(bodem.eq.3)offset=b1+b3
            tno3=offset+rc1*interc**0.3+rc2*frnat**5
            tno3=tno3+rcxyof+rcx*xc+rcy*yc
            no3bos=0.1
            if(tno3.gt.0)then
                lnno3=log(tno3)/0.4
                relno3=exp(lnno3)
                no3bos=50*relno3
            endif
            somha=somha+habos
c u = (grenswaarde - verwachtingswaarde)/sigma
            do 4 k=1,4
                u=(k*norm-no3bos)/sigb
                lagerb(k)=phi(u)
                hogerb(k)=1-lagerb(k)
4  continue
            endif
c nu landbouw:
            if(haland.gt.0)then
                no3land=r11+r12*gtn+r13*dd+r14*dg
c XY-trendvlakcorrectie:
                no3land=no3land+rlxyof+rlx*xc+rly*yc

```

```

        somha=somha+haland
c u = (grenswaarde - verwachtingswaarde)/sigma
        do 7 k=1,4
            u=(k*norm-no3land)/sigl
            lagerl(k)=phi(u)
            hogerl(k)=1-lagerl(k)
7        continue
        endif
c
c oppervlakte lager dan norm:(somk is landelijke accumulator)
        opp=haland*lagerl(1)+habos*lagerb(1)
        somk(1)=somk(1)+opp
c norm-2*norm:
        opp=haland*(1-hogerl(2)-lagerl(1))+habos*(1-hogerb(2)-lagerb(1))
        somk(2)=somk(2)+opp
c 2*norm-3*norm:
        opp=haland*(1-hogerl(3)-lagerl(2))+habos*(1-hogerb(3)-lagerb(2))
        somk(3)=somk(3)+opp
c 3*norm-4*norm:
        opp=haland*(1-hogerl(4)-lagerl(3))+habos*(1-hogerb(4)-lagerb(3))
        somk(4)=somk(4)+opp
c hoger dan 4*norm:
        opp=haland*hogerl(4)+habos*hogerb(4)
        somk(5)=somk(5)+opp
c cel gedaan
5        continue
c alle gridcellen gedaan, evalueer
        do 6 j=1,5
            somp=somp+somk(j)
6        continue
        somp=somp/somha
        write(3,9)tel, (somk(j)/somha, j=1,5), somp
9        format(i5,6f10.4)
        goto10
30       close(17)
        close(3)
        end
c
        function phi(u)
        real u
        integer p(0:300),j
        data p/500,504,508,512,516,520,524,528,533,536
&          540,544,548,552,556,560,564,568,571,575
&          579,583,587,591,595,599,603,606,610,614
&          618,622,626,629,633,637,641,644,648,652
&          655,659,663,666,670,674,677,681,684,688
&          692,695,699,702,705,709,712,716,719,722
&          726,729,732,736,739,742,745,749,752,755
&          758,761,764,767,770,773,776,779,782,785
&          788,791,794,797,800,802,805,808,811,813
&          816,819,821,824,826,829,832,834,837,839
&          841,844,846,849,851,853,855,858,860,862
&          864,867,869,871,873,875,877,879,881,883
&          885,887,889,891,893,894,896,898,900,902
&          903,905,907,908,910,912,913,915,916,918
&          919,921,922,924,925,927,928,929,931,932
&          933,935,936,937,938,939,941,942,943,944
&          945,946,947,948,950,951,952,953,954,955
&          955,956,957,958,959,960,961,962,963,963

```

```
&      964,965,966,966,967,968,969,969,970,971,  
&      971,972,973,973,974,974,975,976,976,977,  
&      977,978,978,979,979,980,980,981,981,982,  
&      982,983,983,983,984,984,985,985,985,986,  
&      986,986,987,987,988,988,988,988,989,989,  
&      989,990,990,990,990,991,991,991,992,  
&      992,992,992,993,993,993,993,993,993,994,  
&      994,994,994,994,995,995,995,995,995,995,  
&      995,996,996,996,996,996,996,996,996,996,  
&      997,997,997,997,997,997,997,997,997,997,  
&      997,998,998,998,998,998,998,998,998,998,  
&      998,998,998,998,998,998,999,999,999,999.  
&      999/  
j=nint(100*abs(u))  
phi=.999999  
if(j.lt.300)phi=0.001*p(j)  
if(u.lt.0.)phi=1.0-phi  
return  
end
```


BIJLAGE B Berekening van de nitraatconcentratie per gridcel

```

c NTRUEmap, Boumans, van Drecht (1997)
c bereken de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwgrond
c en in bos- en heideveld in de zandgebieden per gridcel van 500x500m
c gridcelkaarten:
c nhx85 : NHx-depositie volgens MB96, geinterpoleerd (bilinear)
c cbsland : oppervlakte landbouw (ha) volgens CBS-bodemstatistiek)
c cbsbos : oppervlakte bos (ha) volgens CBS-bodemstatistiek)
c cbsnat : oppervlakte natuur (ha) volgens CBS-bodemstatistiek)
c opnatsat : percentage bos&natuur in de omgeving volgens landsat 1
c opbos : oppervlakte bos volgens 4e bosstatistiek (tiende ha)
c opnaald: oppervlakte naaldbos van het BOS volgens 4e bosstatistiek
c opxbh : som van oppervlakte (tiende ha) x opperhoogte (m) per opstand
c repcon : correctiefactor voor het weer (-)
c mest93 : N-belasting van landbouwgrond (-emissie+atm depositie)
c gt505160: percentage Gt50,51 en 60 van de landbouwgrond
c gt7071 : percentage Gt70 en 71 van de landbouwgrond

```

```

integer nhx(560),opnatsat(560),opbos(560),opnaald(560)
integer opxbh(560),regio(560),bodfak(560),no3(560)
integer gtnorm(560),gtdroog(560),bos,land
real kmol,naaldhout,gemengd,frnld,lnno3,interc
real ndruk(560),cbsland(560),cbsnat(560),cbsbos(560),repcon(560)
real nitraat,norm,no3land,no3bos,ha,haland,'druknorm'
norm=50

```

```

c nitraat voor landbouw en/of bos,
c dat hangt af van een paar switches
bos=0
land=0
write(6,*)'Wat is uw keuze ?'
write(6,*)'wel(1)/geen(0) landbouw berekenen?'
read(5,*)land
write(6,*)'wel(1)/geen(0) bos berekenen?'
read(5,*)bos

```

```

c
open(unit=1,status='old',file='mest93.map')
open(unit=2,status='old',file='regio.map')
open(unit=3,status='old',file='repcon.map')
open(unit=4,status='old',file='gt505160.map')
open(unit=7,status='old',file='gt7071.map')
open(unit=8,status='old',file='cbsland.map')
open(unit=9,status='old',file='cbsbos.map')
open(unit=10,status='old',file='cbsnat.map')
open(unit=11,status='old',file='nhx85.map')
open(unit=12,status='old',file='bodfak.map')
open(unit=13,status='old',file='opnatsat.map')
open(unit=14,status='old',file='opbos.map')
open(unit=15,status='old',file='opnaald.map')
open(unit=16,status='old',file='opxbh.map')
if(bos.eq.0.and.land.eq.0)stop' files oke, but nothing to do'
write(6,*)' files oke, take a break'

```

```

c en een output gridcelkaart
open(unit=20,status='unknown',file='ntrue.map')
rewind 1
rewind 2
rewind 3
rewind 4
rewind 7
rewind 8

```

```
rewind 9
rewind 10
rewind 11
rewind 12
rewind 13
rewind 14
rewind 15
rewind 16
rewind 20
do 1 i=1,5
  read(1,*)
  read(2,*)
  read(3,*)
  read(4,*)
  read(7,*)
  read(8,*)
  read(9,*)
  read(10,*)
  read(11,*)
  read(12,*)
  read(13,*)
  read(14,*)
  read(15,*)
  read(16,*)
1  continue
c voeg header toe aan outputfiles:
  write(20,*)'ncols 560'
  write(20,*)'nrows 650'
  write(20,*)'xllcorner 0'
  write(20,*)'yllcorner 300000'
  write(20,*)'cellsize 500'
c process
  do 2 i=1,650
    read(1,*)(ndruk(j),j=1,560)
    read(2,*)(regio(j),j=1,560)
    read(3,*)(repcon(j),j=1,560)
    read(4,*)(gtnorm(j),j=1,560)
    read(7,*)(gtdroog(j),j=1,560)
    read(8,*)(cbsland(j),j=1,560)
    read(9,*)(cbsbos(j),j=1,560)
    read(10,*)(cbsnat(j),j=1,560)
    read(11,*)(nhx(j),j=1,560)
    read(12,*)(bodfak(j),j=1,560)
    read(13,*)(opnatsat(j),j=1,560)
    read(14,*)(opbos(j),j=1,560)
    read(15,*)(opnaald(j),j=1,560)
    read(16,*)(opxbh(j),j=1,560)

    yc=(625000-(i-1)*500-250)/1000.
    do 3 j=1,560
      xc=((j-1)*500+250)/1000.
      no3(j)=0
      no3bos=0
      no3land=0
      if(regio(j).gt.5)goto3

      if(repcon(j).gt.0.1.and.ndruk(j).gt.1)then
c bereken nitraat concentratie onder landbouwgrond (regressiemodel)
c nitraat(mg/l)=rc1+rc2*gtn+rc3*repcon(j)*ndruk(j)+rc4*repcon(j)*gtd
```

```
c trendcorrectie: nitraat=nitraat+rcxyof+rcx*xc+rcy*yc
  gtd=0.01*gtdroog(j)
  gtn=0.01*gtnorm(j)
  rc4=129.4
  rc3=0.1488
  rc2=54.6
  rc1=-13.1
  rcx=0.476
  rcy=-0.344
  rcxyof=63.7
  nitraat=rc1+rc2*gtn+rc3*repcon(j)*ndruk(j)+rc4*repcon(j)*gtd
  no3land=nitraat+rcxyof+rcx*xc+rcy*yc
endif

c
  if(bodfak(j).gt.0.and.nhx(j).gt.0)then
c bosmodel:
c tno3=genormeerde nitraatconcentratie (1=nitraatnorm)
c tno3**0.4=offset + rc1*interceptie**0.3 + rc2*frnat**5
c offset is bodemafhankelijke coëfficiënt (b1,b2,b3)
  b1=0.8622
  b2=-0.3045
  b3=-0.4527
  rc1=0.1337
  rc2=-0.3175
  rcx=0.001676
  rcy=-0.000973
  rcxyof=0.125
c bereken concentratie onder bos en natuur
c bos en natuur LANDSAT als fractie
  frnat=opnatsat(j)/100.
c BOSstatistiek: gemiddelde boomhoogte in m en fractie naalddhout
  gemengd=opbos(j)
  naalddhout=opnaald(j)
  bhxop=opxbh(j)
  frnld=0
  bh=0
  if(gemengd.gt.0)then
  frnld=naalddhout/gemengd
  bh=bhxop/gemengd
  endif
c bodemfactor:
c bodem 1 = hoog, droog en rijk Gt VII, VII*
c bodem 2 = arm, Hd, Hn, Zd, Zn Gt VI,VII
c bodem 3 = veenachtig
  offset=b1
  if(bodfak(j).eq.2)offset=b1+b2
  if(bodfak(j).eq.3)offset=b1+b3
c nhx-depositie in kmol/ha/jaar (let op de punt !)
  kmol=nhx(j)/1000.
c interceptie
  interc=frnld*bh*kmol
  lnno3=log(offset+rc1*interc**0.3+rc2*frnat**5)/0.4
  relno3=exp(lnno3)
  relno3=relno3+rcxyof+rcx*xc+rcy*yc
  no3bos=norm*relno3
  endif

c integratie landbouw bos en natuur
```

```
    if(bos.eq.0)then
      no3(j)=nint(no3land)
    elseif(land.eq.0)then
      no3(j)=nint(no3bos)
    else
      haland=cbsland(j)
      habos=cbsbos(j)+cbsnat(j)
      ha=haland+habos
      if(ha.gt.0)no3(j)=nint(habos*no3bos/ha+haland*no3land/ha)
    endif
3    continue
    write(20,6)(no3(j),j=1,560)
6    format(560i4)
2    continue
c    close(1)
    close(2)
    close(3)
    close(4)
    close(7)
    close(8)
    close(9)
    close(10)
    close(11)
    close(12)
    close(13)
    close(14)
    close(15)
    close(16)
    close(20)
end
```

BIJLAGE C Regressiemodel voor bos en heideveld

```
" invoer van data "
OPEN 'model.dat'; CHAN=2
READ [CHAN=2] \
    x,y,loknr,no3,bcode,bodfac,opbos,opnaald,opxbh,opnatsat,ndep
```

Identificer	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing	
x	82250	194668	273750	152	0	
y	364750	463790	571750	152	0	
loknr	1.0	167.0	342.0	152	0	
no3	2.0	497.2	2861.0	152	0	Skew
bcode	33	1965	5949	152	0	
bodfac	1.000	2.112	3.000	152	0	
opbos	2.0	143.5	251.0	152	0	
opnaald	0.0	116.0	250.0	152	0	
opxbh	16	1737	4377	152	0	
opnatsat	1.00	61.32	100.00	152	0	
ndep	1493	3076	6023	152	0	

```
CALC xc = x /1000
CALC yc = y /1000
```

```
"Met de volgende twee berekeningen wordt een onafhankelijke variabele
berekend die gerelateerd is aan invang van atmosferische depositie "
CALC nh = opxbh*opnaald/(opbos)**2
CALC inter = ndep*nh/1000
```

```
" De volgende drie transformaties worden gedaan om een mogelijke relatie
tussen de grootte van de ruis en de instelling van de onafhankelijke variabelen
te onderdrukken "
CALC inter = inter ** 0.3
CALC tmno3= (no3/807)**(0.40)
CALC opnatsat=opnatsat**5/10**8
```

```
" De onafhankelijke variabelen worden in een structuur gestopt"
FACT [LEVE=(1,2,3)] b; bodfac
POIN [VALUE= b,inter,opnatsat] on
```

```
" Het fitten gaat beginnen "
MODE tmno3
FIT b,inter,opnatsat
```

```
***** Regression Analysis *****
Response variate: tmno3
Fitted terms: Constant, b, inter, opnatsat
```

```
*** Summary of analysis ***
```

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	4	5.090	1.27255
Residual	147	9.492	0.06457
Total	151	14.583	0.09657

Percentage variance accounted for 33.1

```
* MESSAGE: The following units have large residuals:
14 -2.85
```

* MESSAGE: The following units have high leverage:

1	0.120
10	0.134
14	0.134
25	0.124
27	0.122
36	0.120
52	0.151
73	0.134
79	0.117

*** Estimates of regression coefficients ***

**** Robuuste regressie-analyse

	estimate	s.e.	t	estimate	s.e.	t
Constant	0.8622	0.0929	9.28	0.59	0.048	12.4
b 2	-0.3045	0.0890	-3.42	-0.16	0.042	-3.7
b 3	-0.4527	0.0994	-4.55	-0.103	0.022	-4.7
inter	0.1337	0.0218	6.13	0.136	0.02	6.7
opnatsat	-0.003175	0.000655	-4.85	-0.003	0.0006	-5.1

RKEE FITT = f; RESI=r

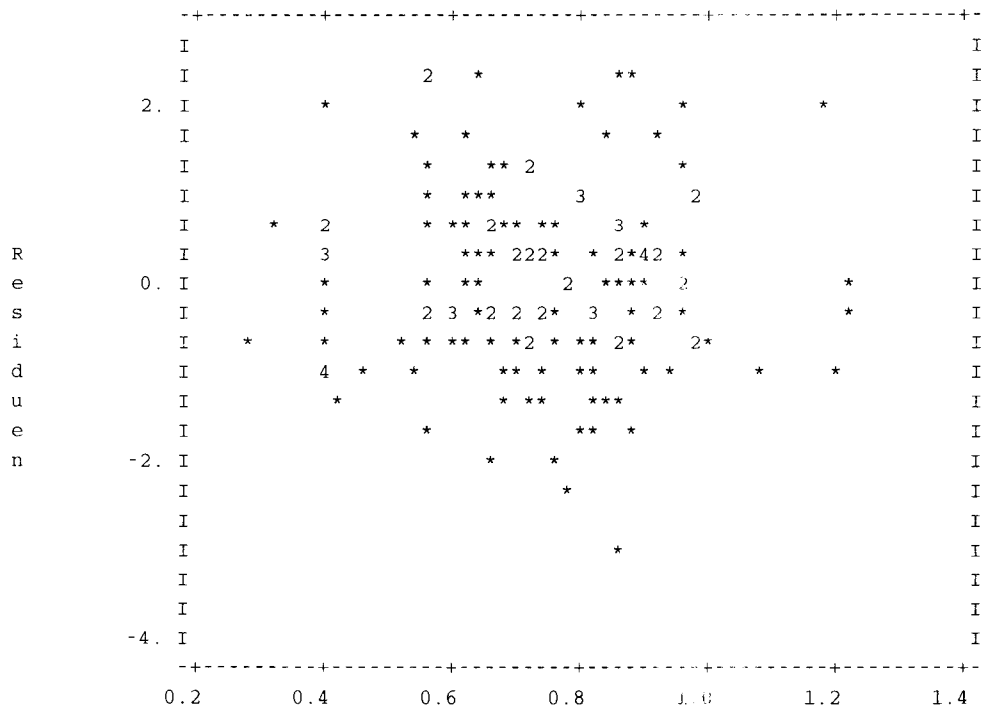
" Een groot residu heeft ook een grote leverage. Dit wordt met een ander pakket onderzocht met robuuste regressie-analyse "

" RUIS-ONDERZOEK

De grootte van de ruis mag niet afhangen van de voorspeide nitraatconcentraties of van de waarden van de onafhankelijke variabelen of op een andere manier structuur vertonen. Dit wordt onderzocht"

"1- Grafische inspectie door residuen uit te zetten tegen gefitte waarden "

GRAP [YTIT='Residuen';XTIT='gefit'; NROW=21; NCOL=61] Y=r; X=f



gefit

"2- De absolute waarden van de afwijkingen worden gerelateerd aan a) de gefitte waarden en aan b) de instelling van de onafhankelijke variabelen. "

CALC dno3=tmno3-f
 CALC adno3=ABS(dno3)
 MODE adno3
 FIT f

***** Regression Analysis *****

Response variate: adno3
 Fitted terms: Constant, f

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	0.001	0.00147
Residual	150	3.432	0.02288
Total	151	3.433	0.02274

Residual variance exceeds variance of Y variate

* MESSAGE: The following units have large residuals:

14	3.17
18	2.73

* MESSAGE: The following units have high leverage:

1	0.051
27	0.054
36	0.049
38	0.040
70	0.048
79	0.045

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.2121	0.0508	4.18
f	-0.0170	0.0670	-0.25

FIT b,inter,opnatsat

***** Regression Analysis *****

Response variate: adno3
 Fitted terms: Constant, b, inter, opnatsat

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	4	0.192	0.04804
Residual	147	3.241	0.02205
Total	151	3.433	0.02274

Percentage variance accounted for 3.0

* MESSAGE: The following units have large residuals:
 125 2.73

* MESSAGE: The following units have high leverage:
 1 0.120
 10 0.134
 14 0.134
 25 0.124
 27 0.122
 36 0.120
 52 0.151
 73 0.134
 79 0.117

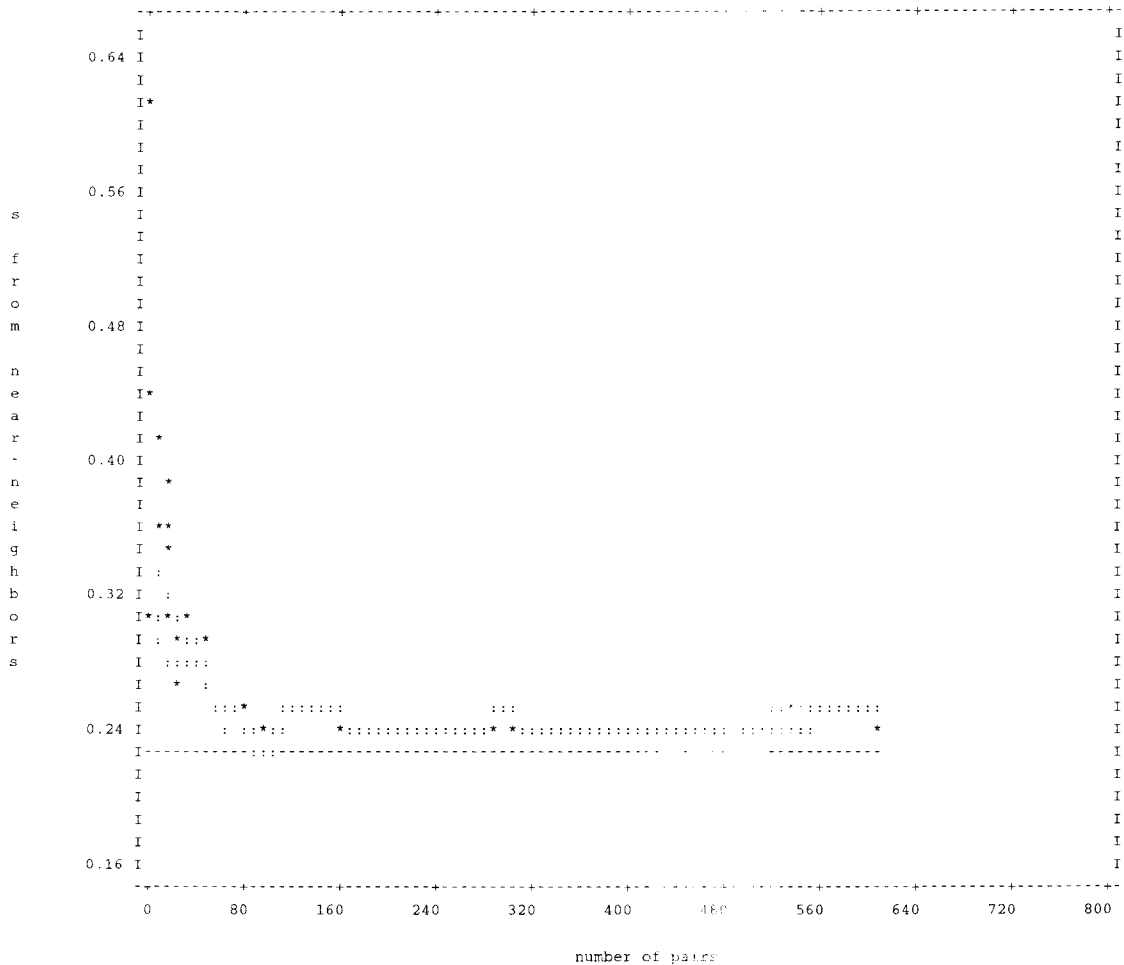
*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.3095	0.0543	5.70
b 2	-0.0527	0.0520	-1.01
b 3	-0.0621	0.0581	-1.07
inter	-0.0198	0.0127	-1.56
opnatsat	-0.000530	0.000383	-1.39

"3- Autocorrelatie model-residuen "

SNEAR Y=tmno3; XVARs=on

sNear is the cumulative standard deviation
 estimated from residuals of neighboring observations




```

sModel      sModelLow      DFRes
0.2541      0.2320              147
    
```

sModel is the error standard deviation of the model
sModelLow is the lower bound of the one-sided 95%-confidence interval of sModel
In the graph above the line has been drawn at sModelLow

" Op basis van bovenstaande (1-3) is het aannemelijk dat de verschillen tussen de metingen en gefitte waarden (de residuen) uit ruis bestaan "

"ONDERZOEK AAN RUIMTELIJKE STRUCTUUR VAN DE RUIS

De schattingen per gridcel en geschatte betrouwbaarheidsgrenzen worden ruimtelijk weergegeven. Om de kaart beter te interpreteren wordt onderzocht in hoeverre de modelruis samenhangt met de ruimtelijke coördinaten "

" 1- Vertonen de residuen een trendvlak ?
Indien dit het geval is, moeten ruimtelijke voorspellingen (nationale geografische beelden) hiervoor worden gecorrigeerd"

```

MODE dno3
FIT xc,yc
    
```

***** Regression Analysis *****

```

Response variate: dno3
Fitted terms: Constant, xc, yc
    
```

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	2	0.412	0.20594
Residual	149	9.081	0.06094
Total	151	9.492	0.06286

Percentage variance accounted for 3.1

* MESSAGE: The following units have high leverage:

151	0.064
152	0.062

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.125	0.131	0.95
xc	0.001676	0.000703	2.38
yc	-0.000973	0.000400	-2.43

"2- Is de (grootte van de) ruis, na trendvlakcorrectie, afhankelijk van de ruimtelijke ligging? "

```

RKEE FITT = fxy
CALC no3xy = dno3-fxy
CALC adno3xy = ABS(no3xy)
MODE adno3xy
FIT xc,yc
    
```

***** Regression Analysis *****

Response variate: adno3xy

Fitted terms: Constant, xc, yc

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	2	0.137	0.06854
Residual	149	2.960	0.01987
Total	151	3.097	0.02051

Percentage variance accounted for 3.1

* MESSAGE: The following units have large residuals:

14	3.23
90	3.30
125	2.82

* MESSAGE: The following units have high leverage:

151	0.064
152	0.062

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
Constant	0.3152	0.0748	4.21
xc	0.000823	0.000401	2.05
yc	-0.000597	0.000228	-2.61

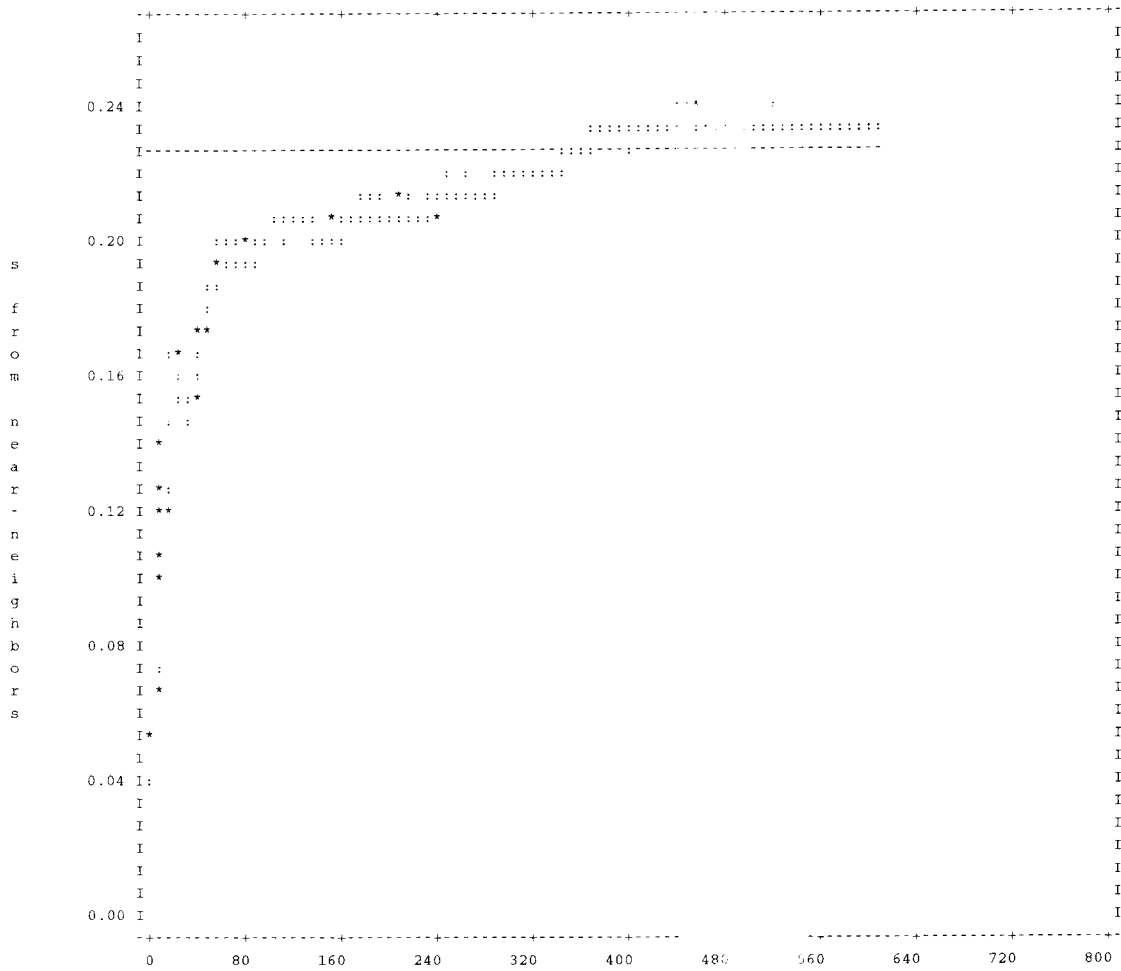
"3- Is er autocorrelatie ruimtelijke ruis "

POIN [VALU=xc,yc] coor

SNEAR Y=dno3; XVARS=coor

sNear is the cumulative standard deviation

estimated from residuals of neighboring observations



sModel	sModelLow	DFRes
0.2469	0.2256	149

sModel is the error standard deviation of the model
 sModelLow is the lower bound of the one-sided 95%-confidence interval of sModel
 In the graph above the line has been drawn at sModelLow

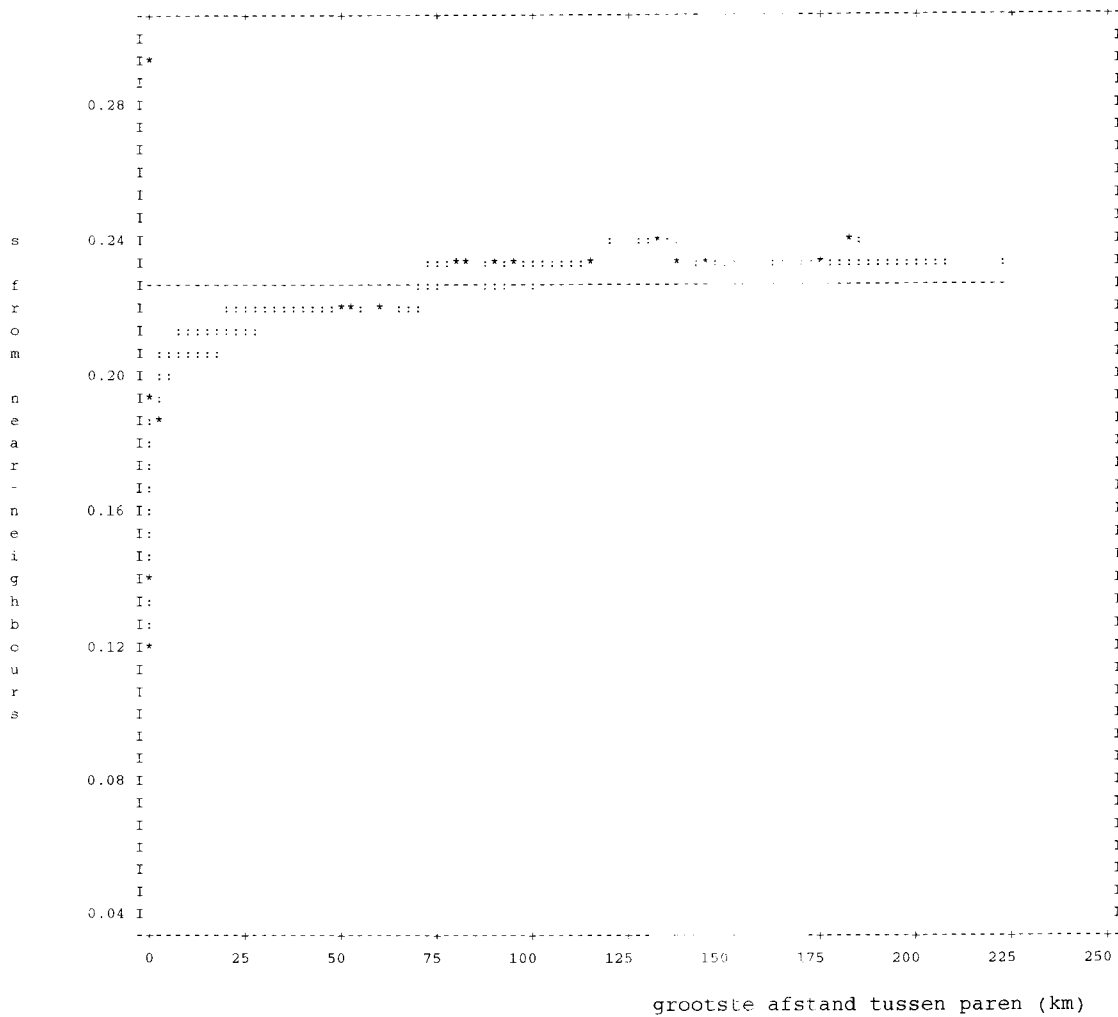
"4- over welke afstanden is er mogelijk ruimtelijke correlatie "

SNEARM Y=dno3; XVARs=coor

sNear is the cumulative standard deviation
 estimated from residuals of neighboring observations

sModel	sModelLow	DFRes
0.2469	0.2256	149

sModel is the error standard deviation of the model
 sModelLow is the lower bound of the one-sided 95%-confidence interval of sModel
 In the graph above the line has been drawn at sModelLow



" Uit bovenstaande (1-4) wordt geconcludeerd dat een trendvlak aanwezig,
 dat de ruis om het trendvlak niet homogeen is en dat er, na trendvlakcorrectie,
 autocorrelatie

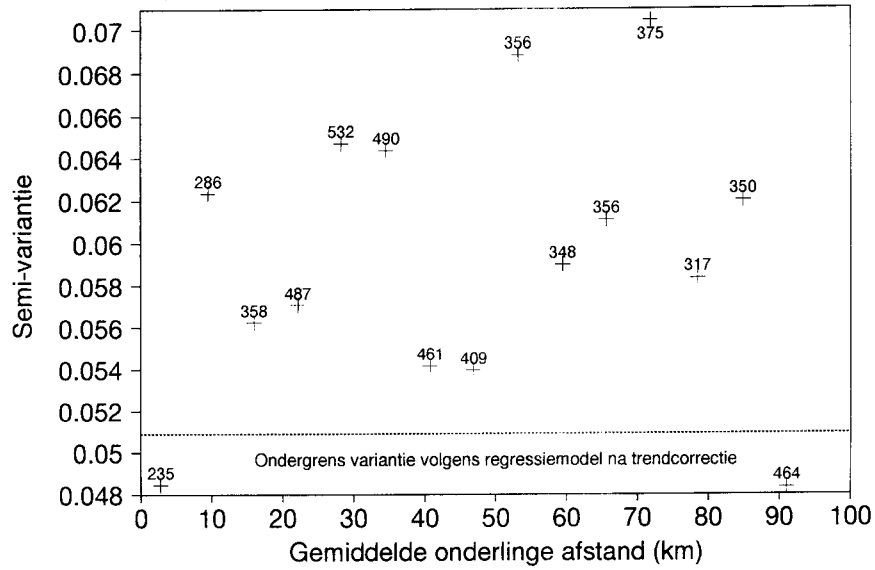
aanwezig is over afstanden tot 70 km.

"

STOP

Experimentele semivariogram (gstat; <http://www.frw.uva.nl/~pebesma/>, 1997)

Ruimtelijke correlatie residuen, van natuurmodel, na trendcorrectie
 Experimenteel semi-variogram



De afstandsklasse van het semivariogram heeft een grootte van 6 km.
 Volgens het experimentele semi-variogram is de modelruis mogelijk gecorreleerd op afstanden van minder dan 10 km.

BIJLAGE D Regressiemodel voor landbouw

```

OPEN 'mb4b.bac'; CHAN=4; FILE=BACK
" invoer variabelen "
RETR [CHAN=4] mconc,gtdroog, gtnorm,mno3,mx,my,mn93
" mconc = genormaliseerde concentratie
  gtdroog = fractie Gt VII en VII*
  gtnorm = fractie Gt V, V* en VI
  mno3 = gemeten bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie
  mx = x-coördinaat
  my = Y-coördinaat
  mn93 = Totale N-toediening in 1993
"
" bewerking van variabelen tot nieuwe variabelen "
CALC xc=mx/1000
CALC yc=my/1000
CALC mn93mdr = mn93*gtdroog
CALC concmn93 = mconc*mn93
CALC concmdro = mconc*gtdroog
CALC concmnor= mconc*gtnorm
POIN [VALUE=gtnorm,concmdro,concmn93] on
POIN [VALUE=xc,yc] coor

" het landbouwdeel wordt gefit "
MODE mno3
FIT #on

```

***** Regression Analysis *****

Response variate: mno3
 Fitted terms: Constant, gtnorm, concmdro, concmn93

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	3	233814.	77938.
Residual	95	243190.	2560.
Total	98	477004.	4867.

Percentage variance accounted for 47.4

* MESSAGE: The following units have large residuals:

42	-2.70
48	-2.71
56	3.70
78	2.68
80	2.58

* MESSAGE: The following units have high leverage:

14	0.131
35	0.170
87	0.134
95	0.201

```
*** Estimates of regression coefficients ***
```

	estimate	s.e.	t	estimate	s.e.	t
Constant	-13.1	20.3	-0.65	-24	17	1.4
gtnorm	54.6	18.5	2.96	64	15.9	4.1
concmdro	129.4	20.9	6.18	137	17.8	7.7
concmn93	0.1488	0.0257	5.79	0.153	0.022	7.0

*****Robuust (SPLUS)*****

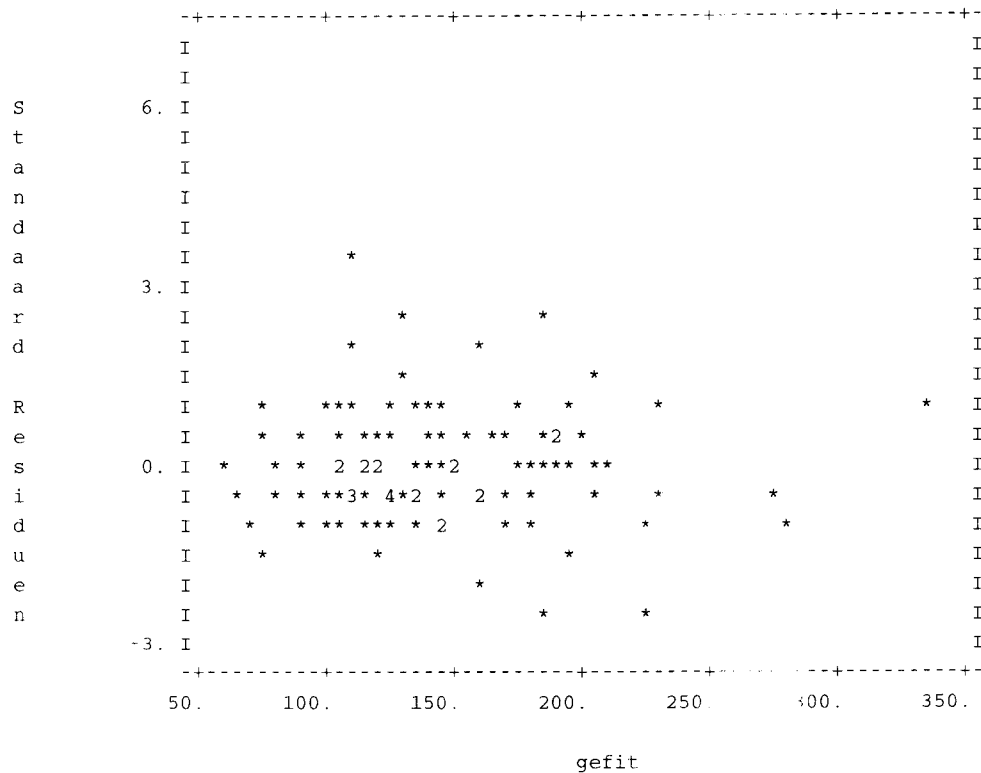
" I RUIS-ONDERZOEK

De grootte van de ruis mag niet afhangen van de voorspelde nitraatconcentraties of van de waarden van de onafhankelijke variabelen of op een andere manier structuur vertonen (auto-correlatie)"

"1- Grafische inspectie door residuen uit te zetten tegen gefitte waarden "

RKEE FITT=f; RESI=rp

GRAP [YTIT='Standaard Residuen';XTIT='gefit'; NROW=21; NCOL=61] Y=rp; X=f



"2- De absolute waarden van de residuen worden gerelateerd aan de gefitte waarden en aan de instelling van de onafhankelijke variabelen. "

CALC dno3=mno3-f

CALC adno3=ABS(dno3)

MODE adno3

FIT f

***** Regression Analysis *****

Response variate: adno3
 Fitted terms: Constant, f

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	1	968.	968.
Residual	97	102251.	1054.
Total	98	103218.	1053.

Residual variance exceeds variance of Y variate

FIT #on

***** Regression Analysis *****

Response variate: adno3
 Fitted terms: Constant, gtnorm, concmdro, concmn93

*** Summary of analysis ***

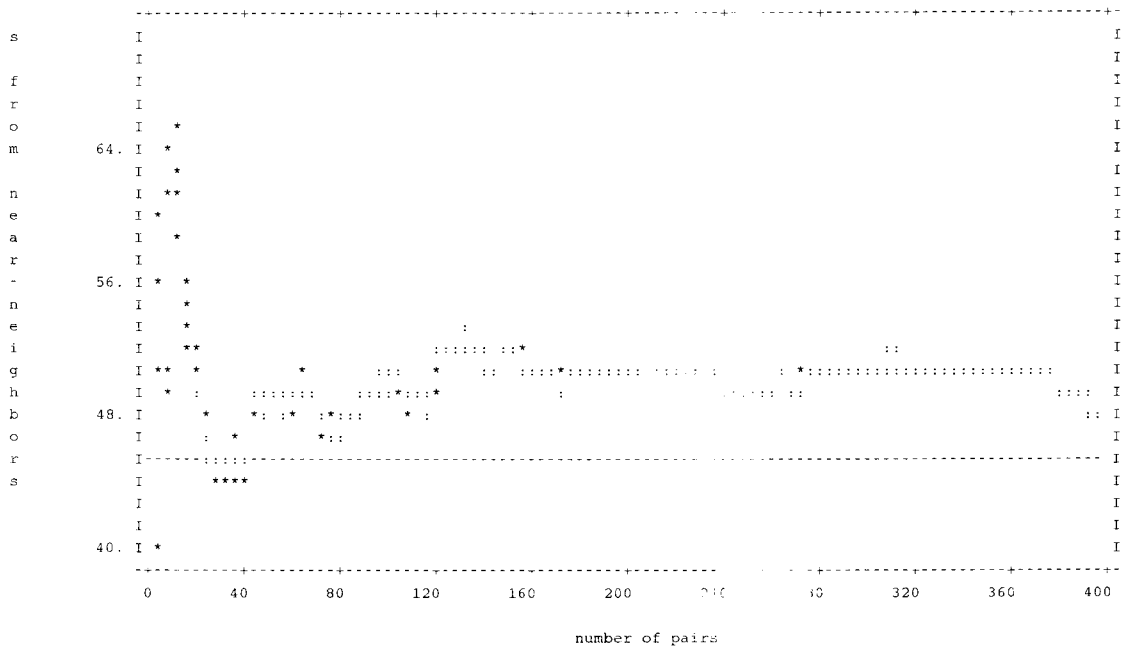
	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	3	2320.	773.
Residual	95	100898.	1062.
Total	98	103218.	1053.

Residual variance exceeds variance of Y variate

" 3- Onderzoek naar autocorrelatie van model-residuen "

SNEAR Y=mno3; XVARs=on

sNear is the cumulative standard deviation
 estimated from residuals of neighboring observations



sModel	sModeLow	DFRes
50.60	45.25	95

sModel is the error standard deviation of the model
 sModelLow is the lower bound of the one-sided 95%-confidence interval of sModel
 In the graph above the line has been drawn at sModelLow

"We vinden geen aanwijzingen voor autocorrelatie "

" Op basis van bovenstaande (1-3) is het aannemelijk dat de residuen als ruis mogen worden opgevat "

" II ONDERZOEK AAN RUIMTELIJKE STRUCTUUR VAN DE RUIS "

" De schattingen per gridcel en geschatte betrouwbaarheids grenzen worden ruimtelijk weergegeven. Om de kaart beter te interpreteren wordt onderzocht in hoeverre de modelruis samenhangt met de ruimtelijke coördinaten ".

" 1- Vertonen de residuen een trendvlak ?

Indien dit het geval is, moeten ruimtelijke voorspellingen (nationale kaartbeelden) hiervoor worden gecorrigeerd"

MODE dno3

FIT xc,yc

***** Regression Analysis *****

Response variate: dno3

Fitted terms: Constant, xc, yc

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	2	21275.	10637.
Residual	96	221915.	2312.
Total	98	243190.	2482.

Percentage variance accounted for 6.8

* MESSAGE: The following units have large residuals:

48	-3.25
56	3.52

* MESSAGE: The following units have high leverage:

33	0.143
34	0.112
35	0.125

*** Estimates of regression coefficients ***

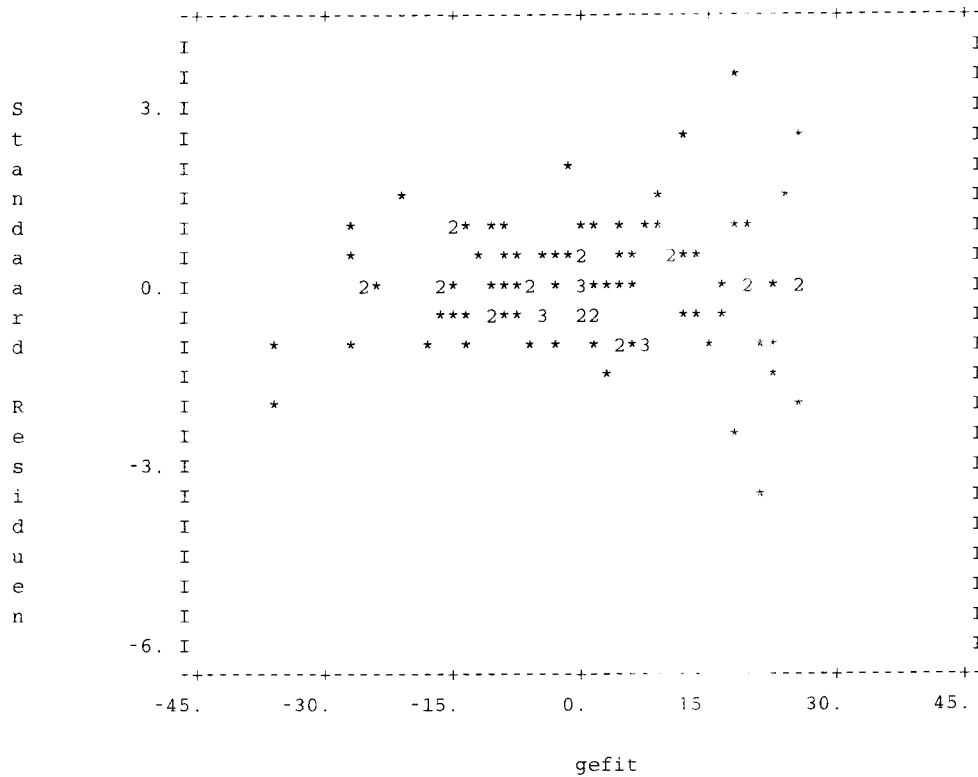
	estimate	s.e.	F
Constant	63.7	40.6	1.57
xc	0.476	0.185	2.58
yc	-0.344	0.117	-2.95

" Er zijn aanwijzingen ! "

" 2- Is de grootte van de ruis, na trendvlakcorrectie, afhankelijk van de ruimtelijke ligging? "

RKEE FITT = fxy; RESID=r

GRAP [YTIT='Standaard Residuen';XTIT='gefit'; NROW=21; NCOL=61] Y=r; X=fxy



```
CALC adno3xy = ABS(dno3-fxy)
MODE adno3xy
FIT xc,yc
```

***** Regression Analysis *****

Response variate: adno3xy
 Fitted terms: Constant, xc, yc

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	2	6999.	3499.4
Residual	96	89640.	933.8
Total	98	96639.	986.1

Percentage variance accounted for 5.3

* MESSAGE: The following units have large residuals:

42	2.77
48	3.53
56	4.00

* MESSAGE: The following units have high leverage:

33	0.143
34	0.112
35	0.125

*** Estimates of regression coefficients ***

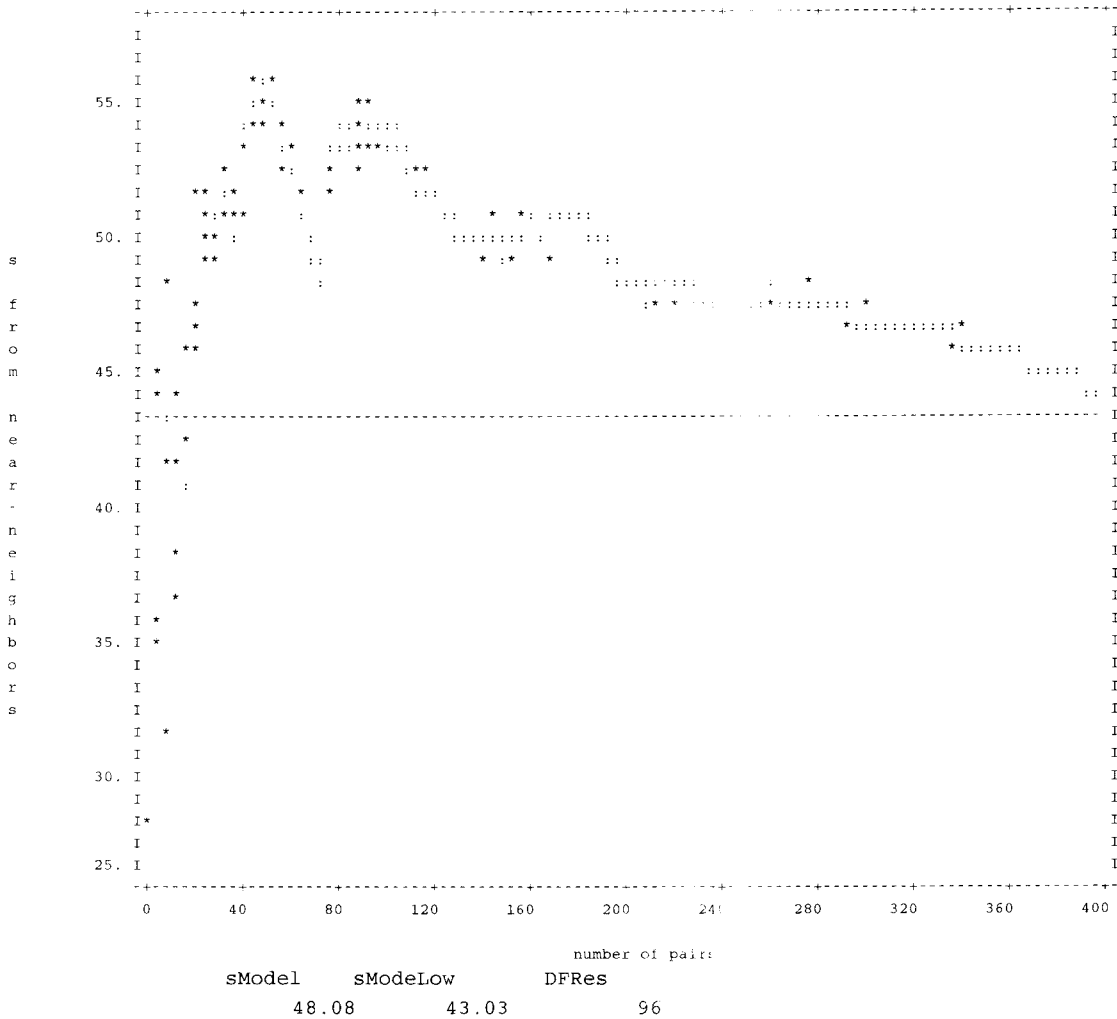
	estimate	s.e.	t
Constant	53.7	25.8	2.08
xc	0.310	0.117	2.64
yc	-0.1756	0.0741	-2.37

" Er zijn helaas aanwijzingen maar dit kan niet worden verholpen door transformaties "

" 3- controle op autocorrelatie ruimtelijke ruis na trendvlakcorrectie "

SNEAR Y=dno3; XVARs=coor

sNear is the cumulative standard deviation estimated from residuals of neighboring observations



sModel is the error standard deviation of the model

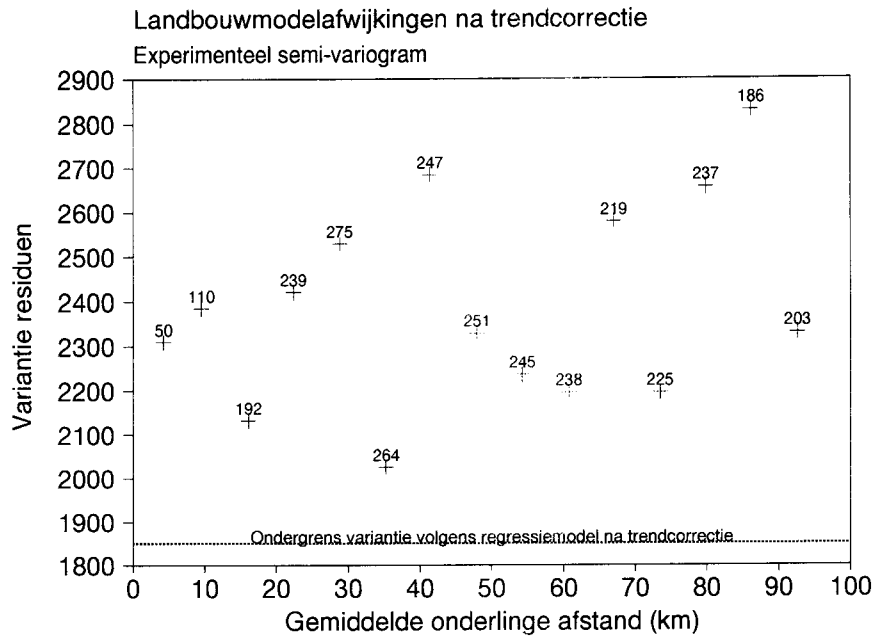
sModelLow is the lower bound of the one-sided 95%-confidence interval of sModel

In the graph above the line has been drawn at sModelLow

" We vinden geen aanwijzingen voor autocorrelatie na trendcorrectie"

" Eerder zijn aanwijzingen gevonden dat de variatie om het trendvlak niet homogeen is. Dit verschijnsel gaat blijkbaar niet samen met autocorrelatie "

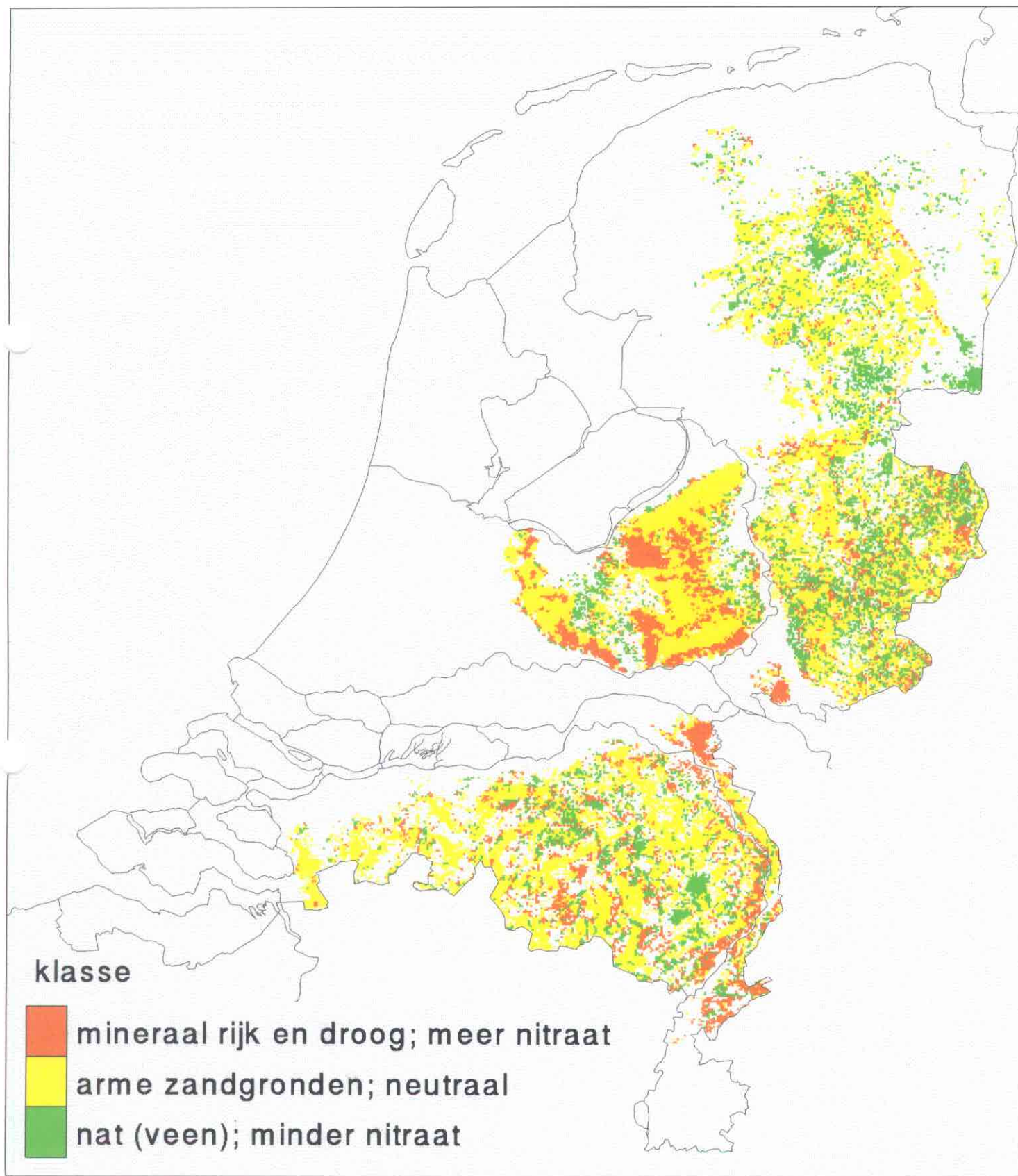
Experimentele semivariogram (gstat; <http://www.frw.uva.nl/~pebesma/>)



De grootte van de afstandklasse is 6 km. Volgens het experimentele semivariogram is er geen duidelijke relatie tussen de variantie en de afstand (geen autocorrelatie).

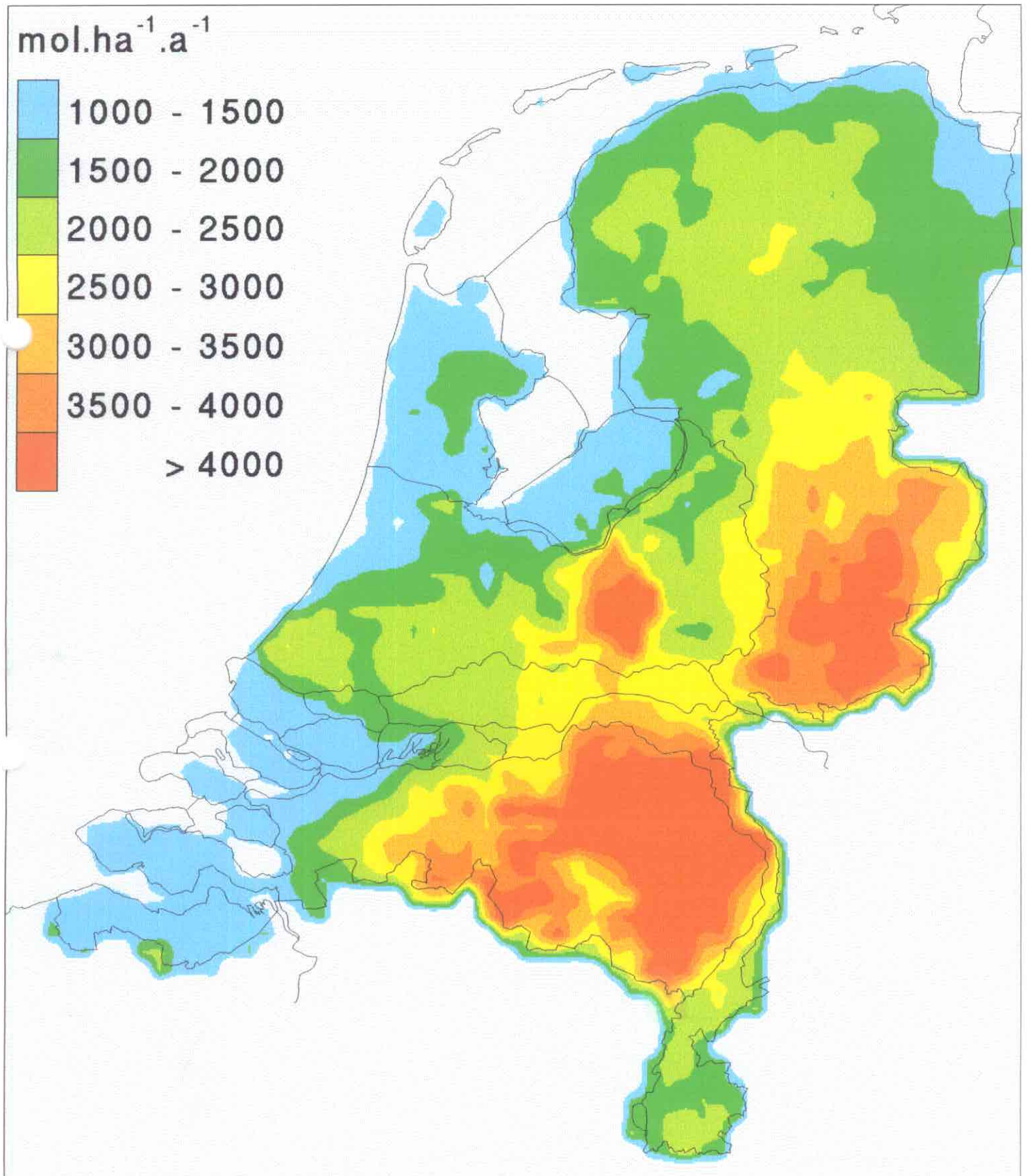
BIJLAGE E Kaarten

KAART 1; Invloed bodemtype van natuurgebieden op nitraatconcentraties in het bovenste grondwater

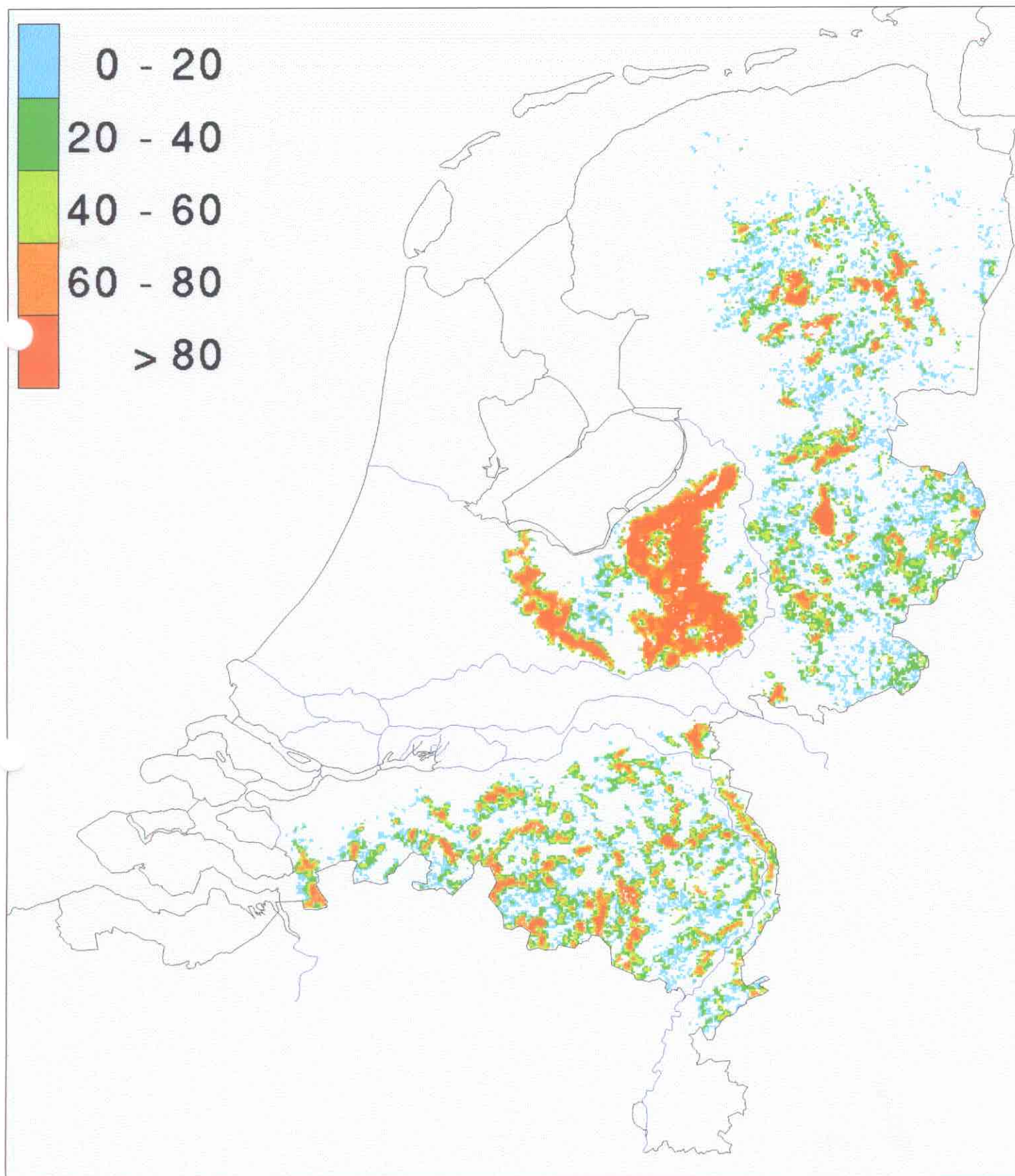


KAART 2; NHx depositie in 1985

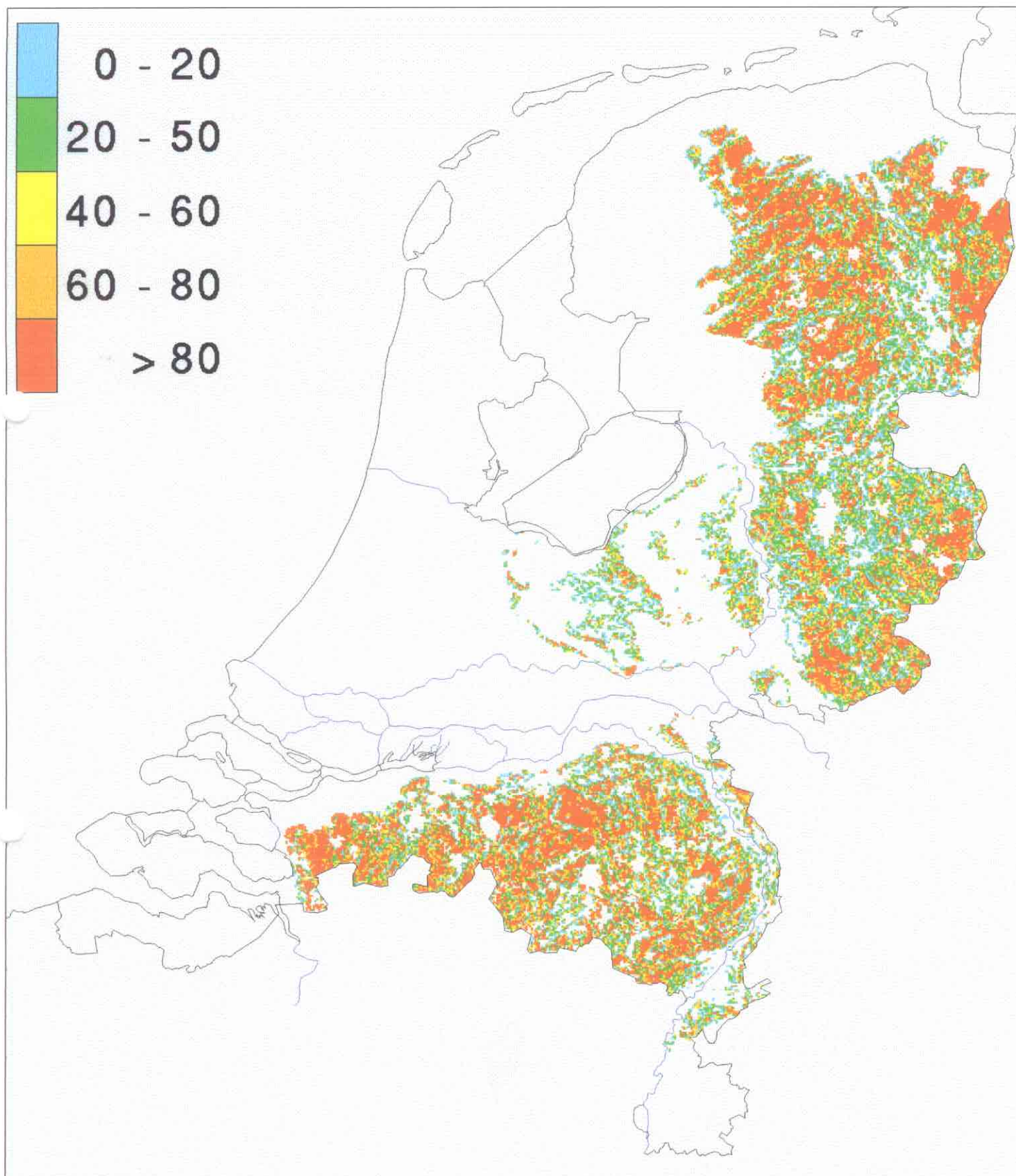
(Bewerking van DEADM-resultaten)



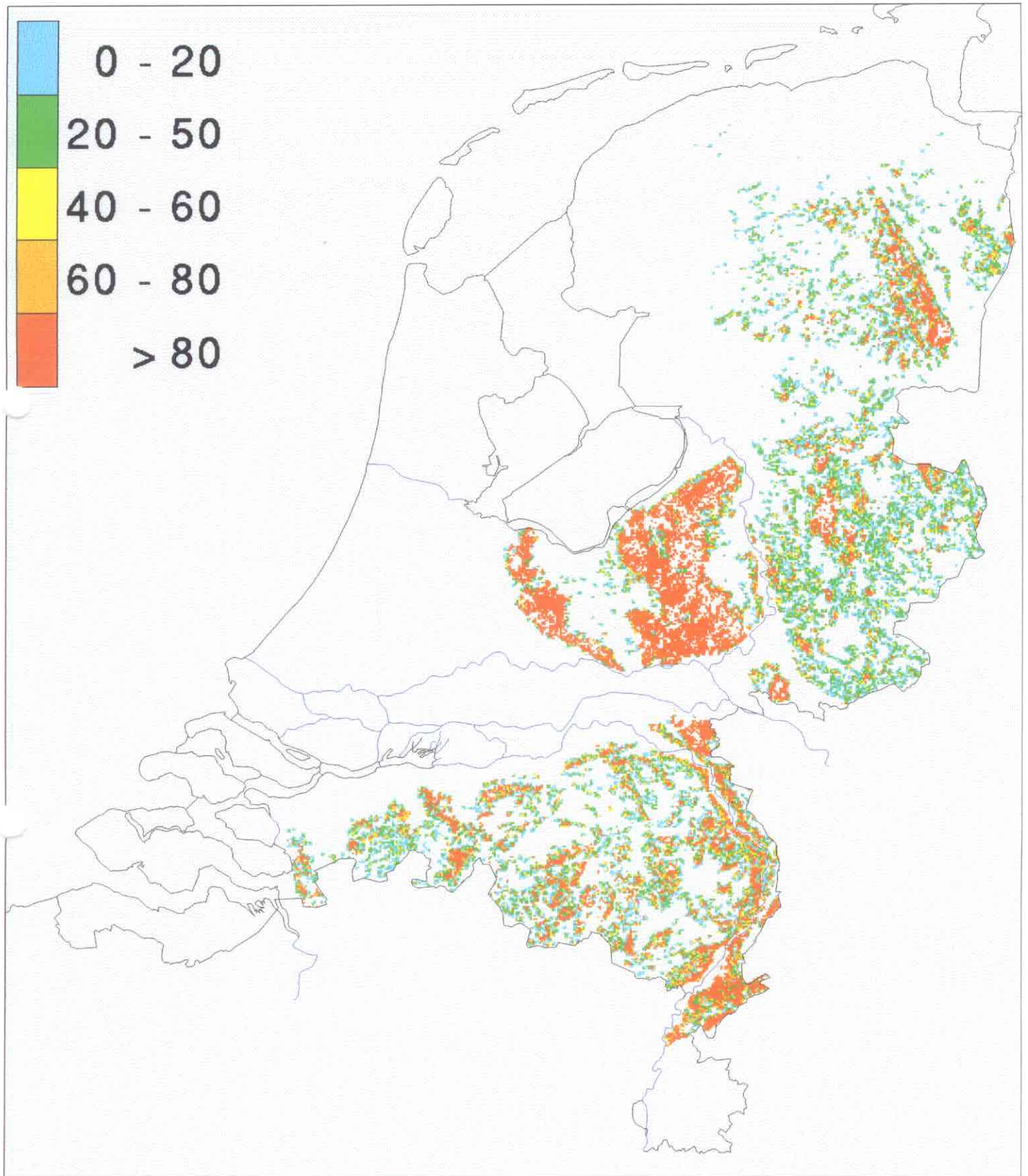
Kaart 3; Percentage oppervlakte natuur in een gridcel en in de omliggende 8 gridcellen, bewerking van Landsatgegevens



KAART 4; Oppervlaktepercentage Gt V, V* en VI bij landbouw

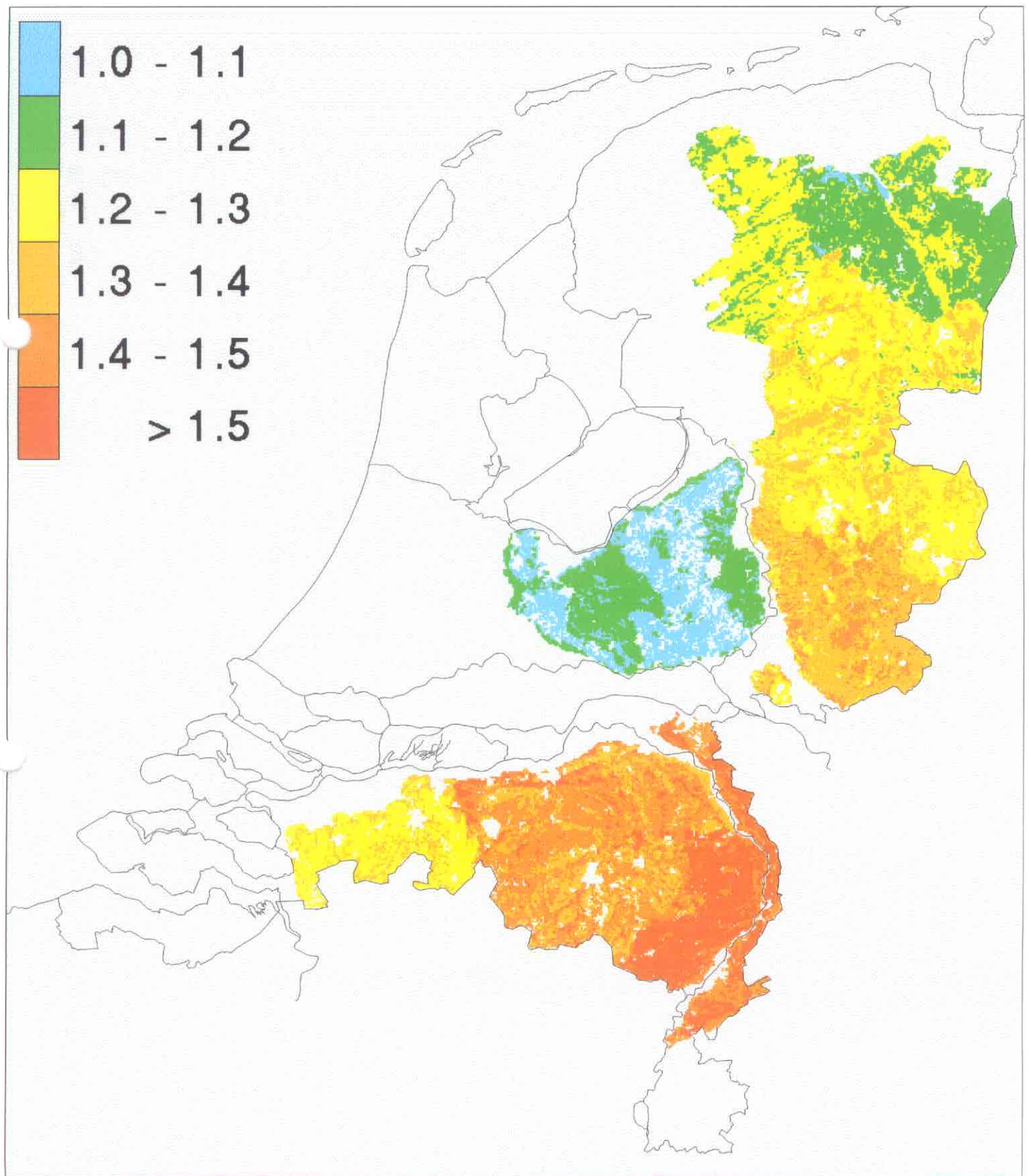


KAART 5; Oppervlaktepercentage Gt VII en VII* bij landbouw

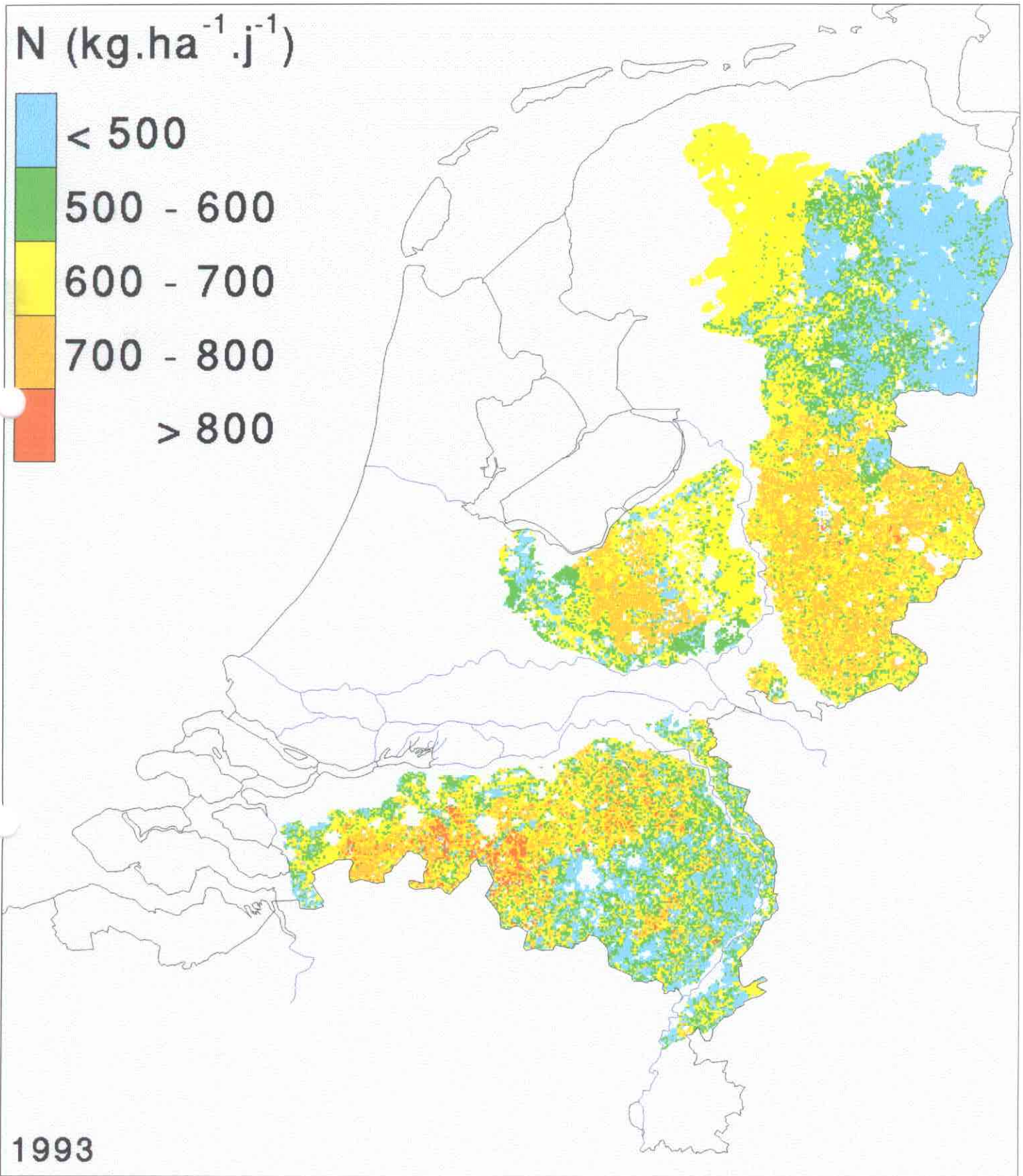


KAART 6; Berekende genormeerde concentratie in bovenste meter grondwater

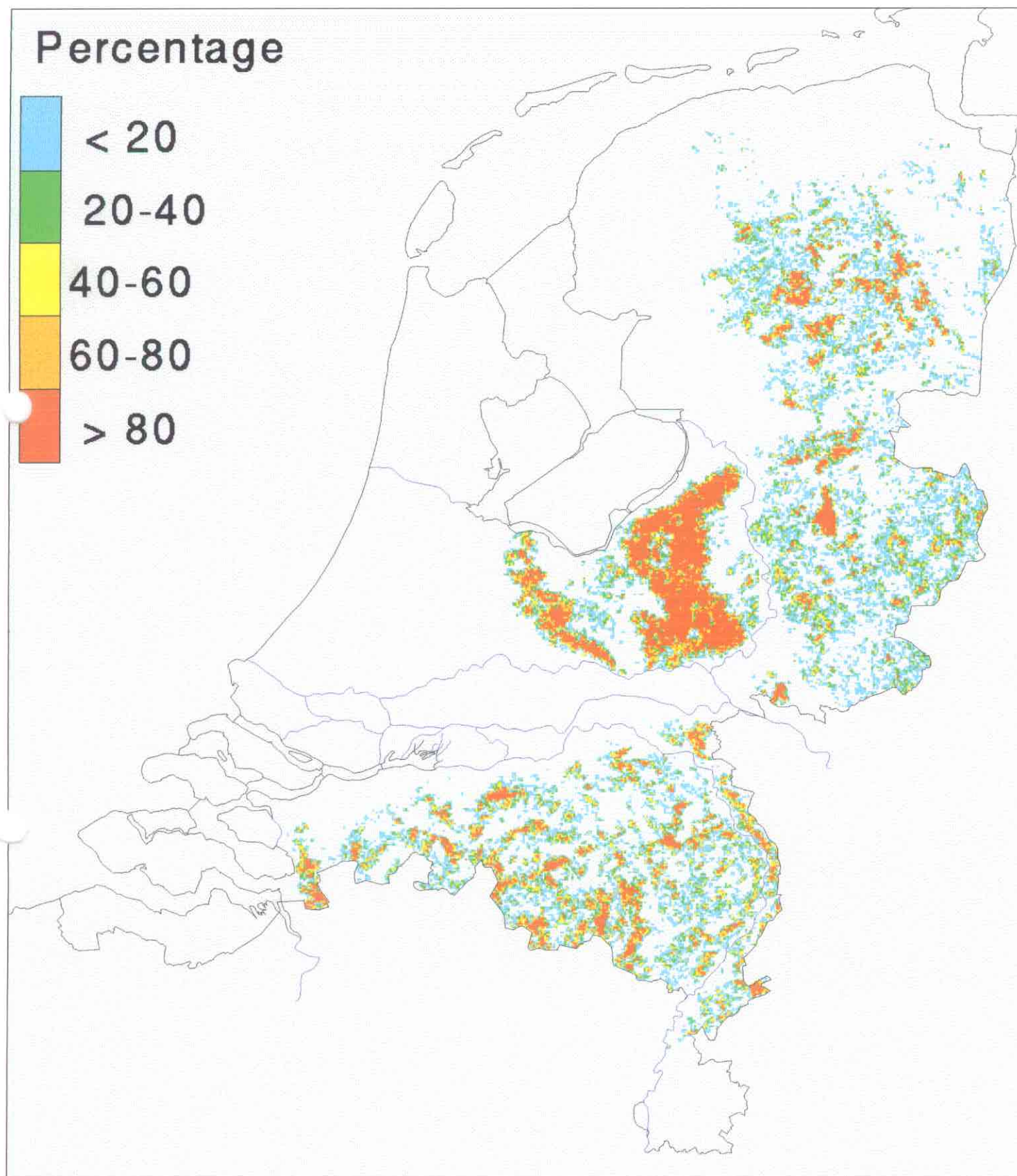
Effect klimaatsverschillen en Gt op concentraties in de bovenste meter grondwater



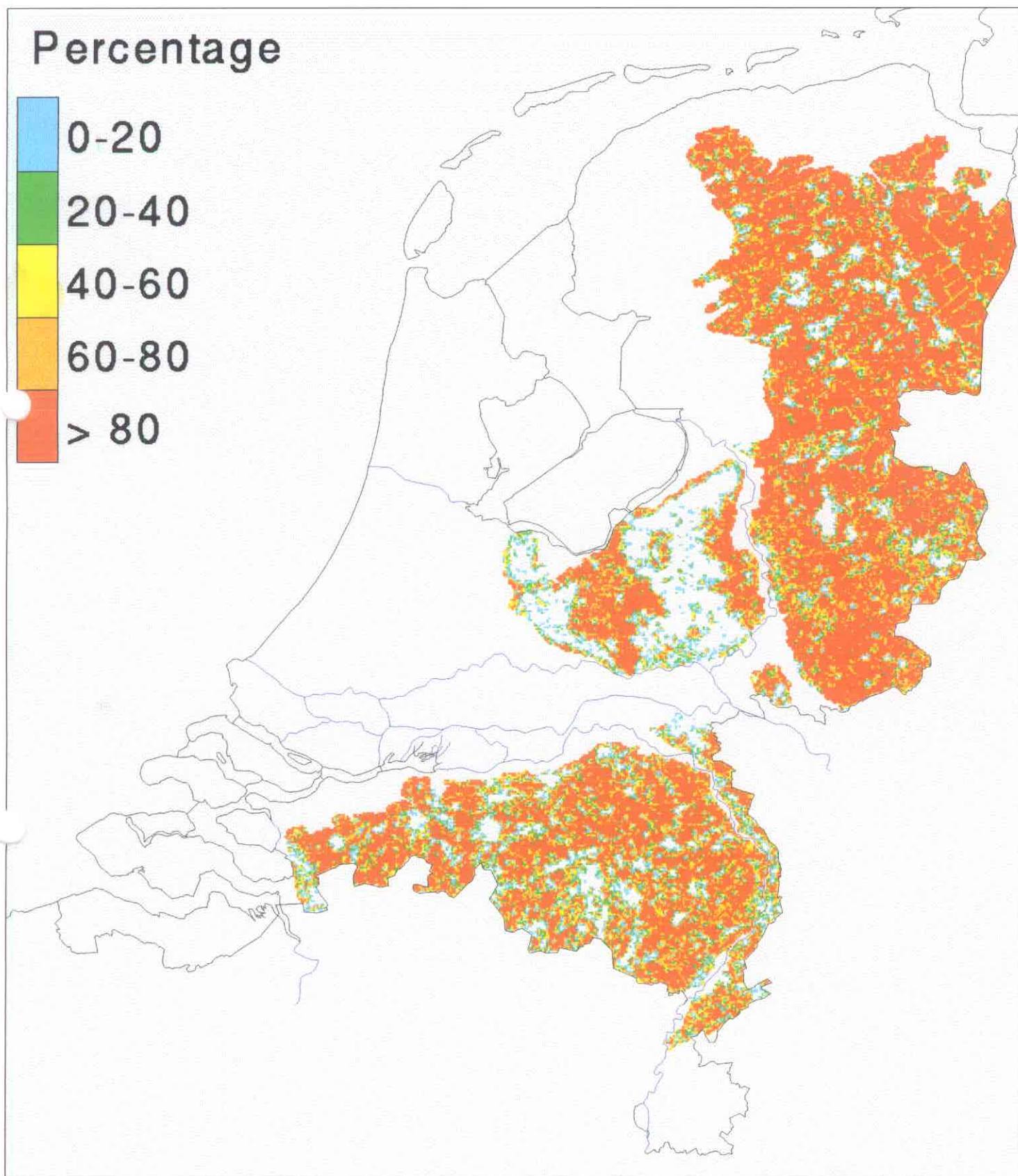
KAART 7; Bemesting en atmosferische depositie op landbouwgrond



KAART 8; Oppervlakte percentage bos en heide, CBS 1985

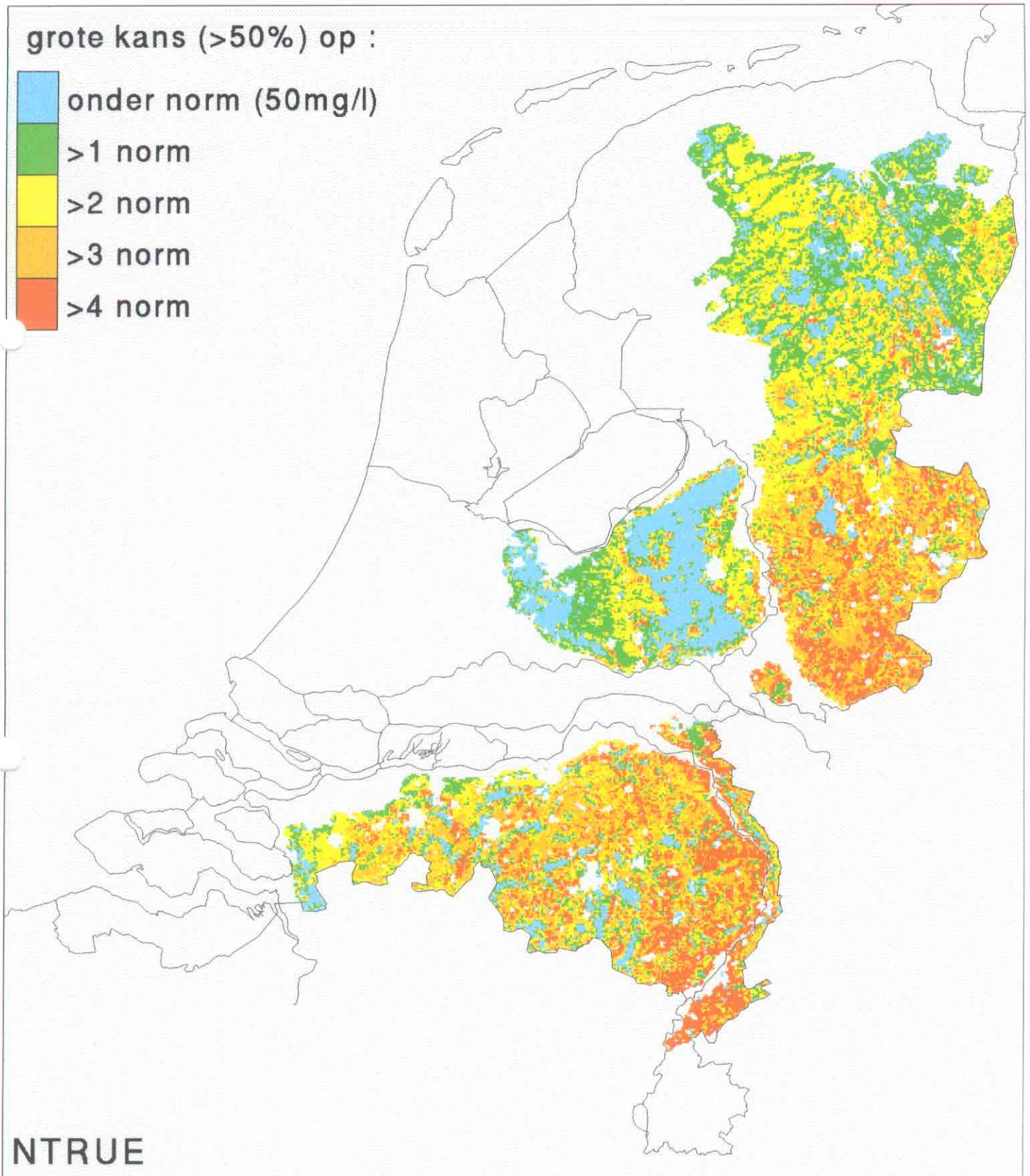


KAART 9; Oppervlakte percentage landbouw, CBS 1995



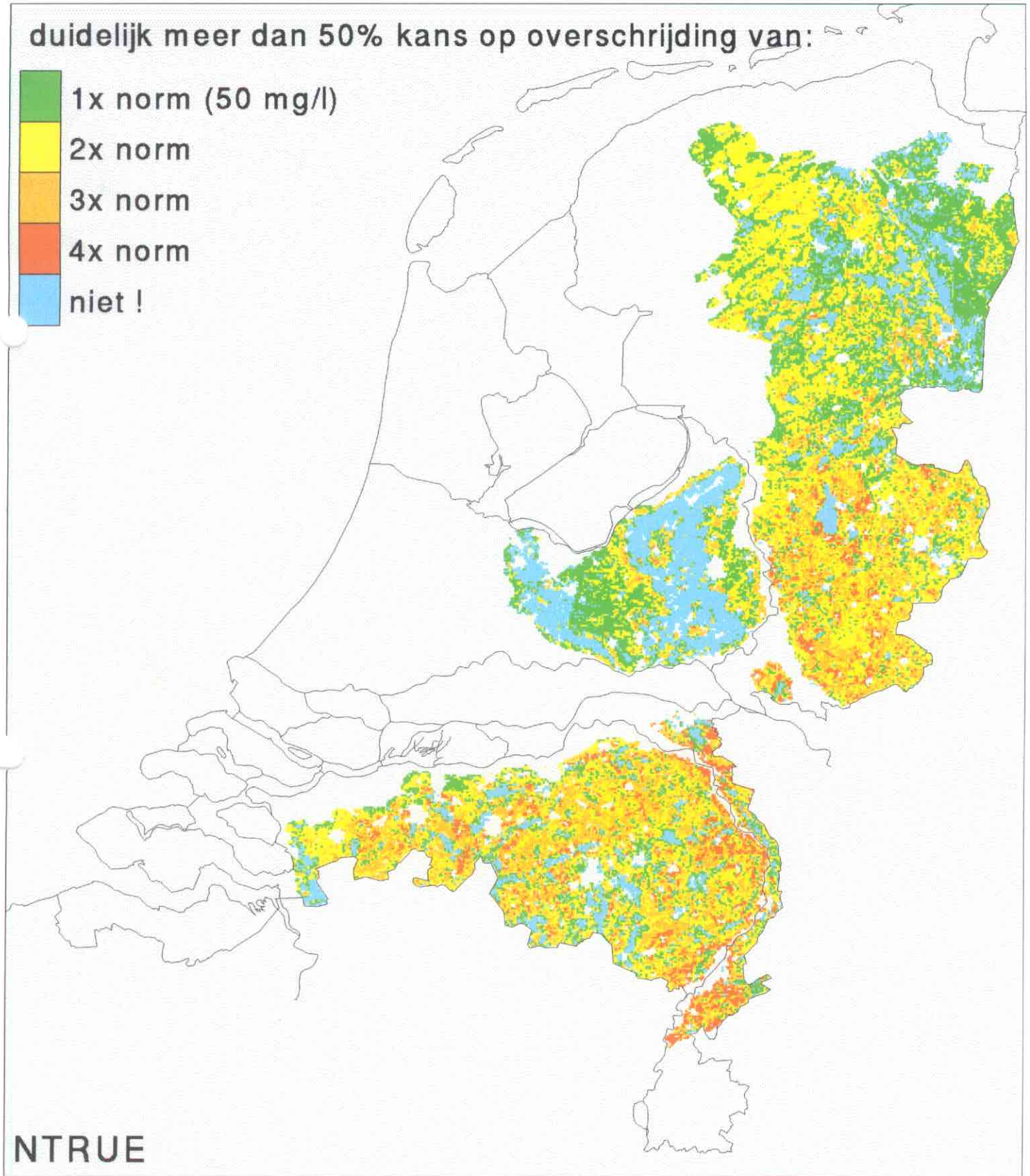
KAART 10; Overschrijding van grenswaarden van nitraat

in het bovenste grondwater bij landbouw , bos en heide in de zandgebieden

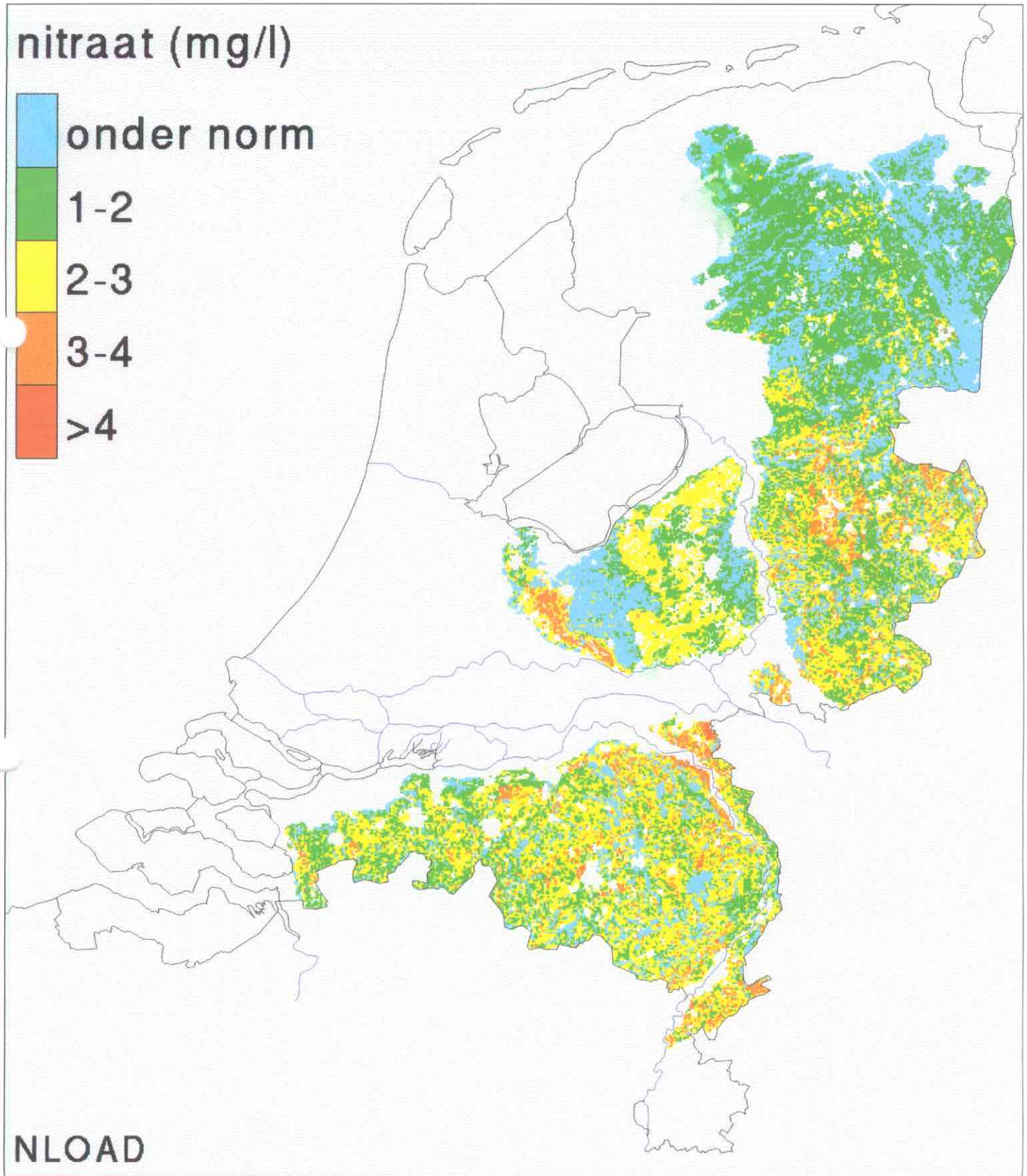


KAART 11; Duidelijke overschrijding van grenswaarden

van nitraat in het bovenste grondwater bij landbouw, bos en heideveld in de zandgebieden



KAART 12; Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouw, berekening met NLOAD (Van Drecht en Schepers, 1997 RIVM) voor het jaar 1993



KAART 13; Duidelijke overschrijding van grenswaarden van nitraat in het bovenste grondwater bij landbouw in de zandgebieden

