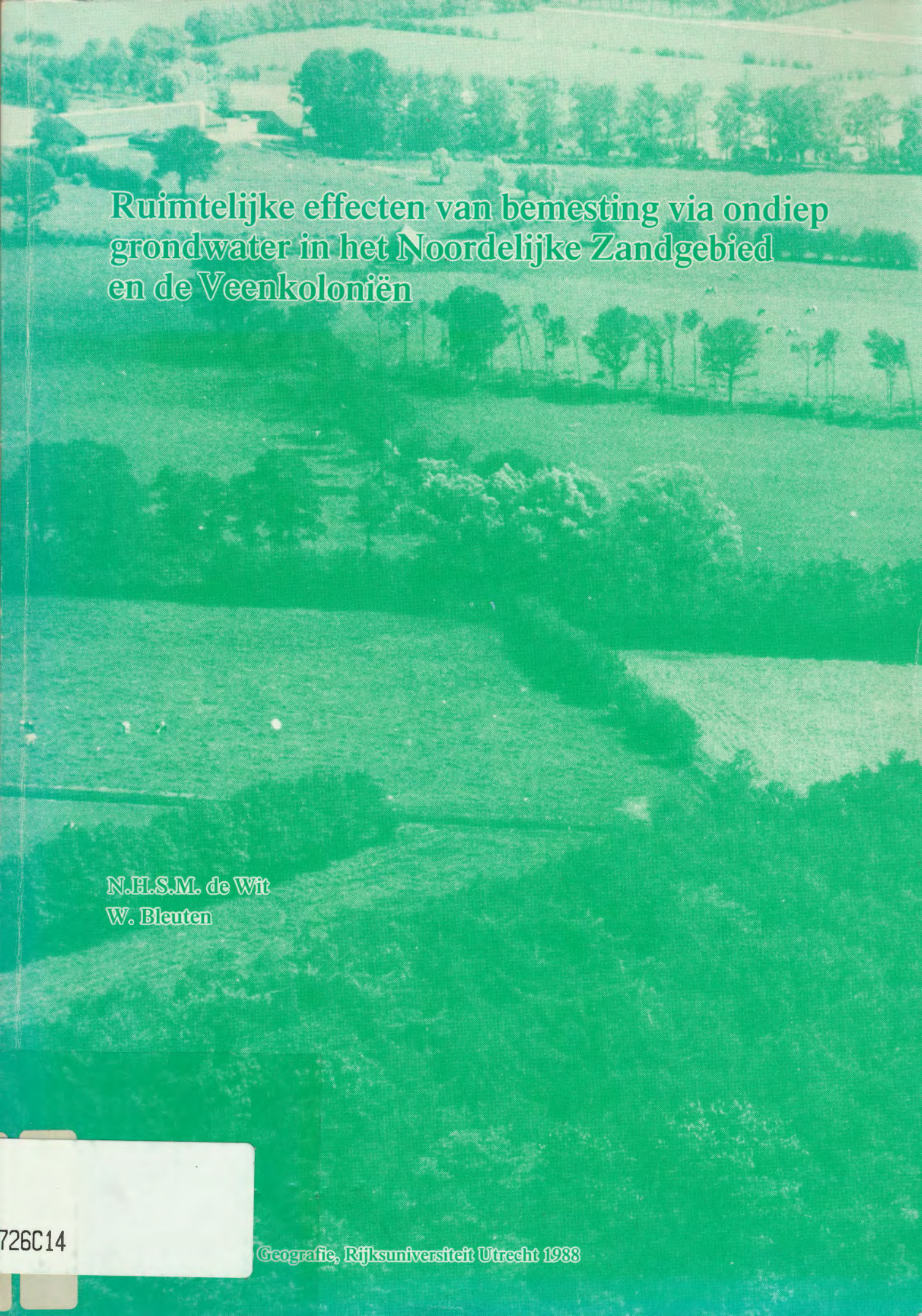


Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater in het Noordelijke Zandgebied en de Veenkoloniën

N.H.S.M. de Wit
W. Bleuten

726C14

Geografie, Rijksuniversiteit Utrecht 1988

726C14

RUIMTELIJKE EFFECTEN VAN BEMESTING VIA ONDIEP GRONDWATER IN HET NOORDELIJK ZANDGEBIED

Rijksinstituut voor onderzoek
in de bos- en landschapsbouw
„DE DORSCHKAMP"
24. 360 BOSRANDWEG 20
6704 PH WAGENINGEN

ISN= 266576-

N. H. S. M. de Wit
W. Bleuten

Vakgroep Fysische Geografie
Rijksuniversiteit Utrecht
juli 1988

Uitgevoerd in opdracht van de Rijksplanologische Dienst

U 5 nr. 231a

COLOFON

Samenstelling	:	N. H. S. M. de Wit W. Bleuten
Projectleiding	:	W. Bleuten
Eindredactie	:	N. H. S. M. de Wit
Kartografie	:	Kartografisch Laboratorium Geografisch Instituut Rijksuniversiteit Utrecht
Omslagfoto	:	H. N. Bol
Druk	:	Afdeling Reproductie en Dienstverlening Geografisch Instituut Rijksuniversiteit Utrecht Universiteitsdrukkerij Rijksuniversiteit Utrecht

VOORWOORD

In 1985 verscheen het rapport "Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater" dat in opdracht van de Rijksplanologische Dienst was opgesteld door de Vakgroep Fysische Geografie van de Rijksuniversiteit Utrecht (Vissers et al., 1985).
Dat rapport heeft een belangrijke rol gespeeld bij de opstelling van het studierapport "Ruimtelijke visie op Intensieve Veehouderij" (Rijksplanologische Dienst, 1987) en de voorbereiding van de Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening.
Het rapport had slechts betrekking op de Zuidelijke, Oostelijke en Centrale Zandgebieden. Met dit tweede, aanvullende rapport over het Noordelijk Zandgebied is het beeld van de zandgebieden nu compleet. Uit reacties op het eerste rapport is gebleken, dat de rapporten en goede basis kunnen bieden voor de uitwerking van het ruimtelijk beleid op gemeentelijk en vooral provinciaal niveau. Ook het rapport dat voor U ligt geeft een duidelijk inzicht in de mate waarin het grondwater, de drinkwaterwinning en de grondwaterafhankelijke natuurgebieden worden bedreigd door bemesting via het ondiepe grondwater.
Vanzelfsprekend zijn de belasting-kaarten globaal van karakter. Omdat de kaarten daarnaast zijn gebaseerd op berekende waarden en niet op grootschalig veldonderzoek zal voor toepassing op lokale schaal vaak aanvullend veldonderzoek nodig zijn.
Moge dit rapport desalniettemin een belangrijke bijdrage leveren aan de ruimtelijke kwaliteit van de zandgebieden.

Drs. A.F. van de Klundert
Rijksplanologische Dienst
's-Gravenhage, juli 1988

DANKWOORD

De samenstellers zijn dank verschuldigd aan onderstaande personen en instellingen, zonder wie het onderzoek niet uitgevoerd had kunnen worden:

Drs. Tjeerd Gorter, voor zijn hulp bij het karteren van de hydrologie van het Noordelijk Zandgebied;

Ing. J. H. Thije van de Provinciale Waterstaat van Drenthe voor het verstrekken van gegevens omtrent de geohydrologie van Drenthe en de verspreiding van keileem.

De studenten Jouke van der Kamp, Jeroen Oosterwegel, Kees Storm, Bennie Timmerman en Everhard van Veen, voor hun bijdrage in het onderzoek naar de invloed van keileem op de ondiepe grondwaterstroming in het Noordelijk Zandgebied;

Het Kartografisch Laboratorium van het Geografisch Instituut voor het tekenen van de kaarten en figuren.

N. H. S. M. de Wit
W. Bleuten

INHOUDSOPGAVE pag

INLEIDING 1

HOOFDSTUK 1. KWANTIFICERING VAN MESTOVERSCHOTTEN 3

1.1. Inleiding 3

1.2. Berekening van mestoverschotten volgens landbouwkundige normen 3
1.2.1. De productie van dierlijke mest en kunstmest 5
1.2.2. Bepaling van de plaatsbare hoeveelheid mest op cultuurgrond 6
1.2.3. Resultaten 7

1.3. Berekening van mestoverschotten volgens milieu-hygiënische benadering 11
1.3.1. Stikstof 12
1.3.1.1. Bepaling van de toelaatbare dosering op cultuurgrond 12
1.3.1.2. Resultaten 17
1.3.2. Fosfor 18
1.3.2.1. Bepaling van de toelaatbare dosering op cultuurgrond 18
1.3.2.2. Resultaten 22

HOOFDSTUK 2. HYDROLOGISCHE RELATIES VIA ONDIEP GRONDWATER 23

2.1. Inleiding 23

2.2. Hydrologische indeling van het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën 24
2.2.1. Methodiek 24
2.2.2. De verspreiding en invloed van keileem 28
2.2.3. Stroomgebieden 31
2.2.4. Waterwingebieden 32

2.3. Kartering van natuurgebieden 32

2.4. Resultaten van het hydrologisch onderzoek 33
2.4.1. Beschrijving van de hydrologische eenheden 33
2.4.2. Hydrologische kenmerken van het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën 36

HOOFDSTUK 3. BELASTING VAN HET GROND- EN OPPERVLAKTEWATER MET NITRAAT EN FOSFAAT (PROCESSEN EN BEREKENINGSWIJZE) 39

3.1. Inleiding 39

3.2. Nitraat in ondiep grondwater 40
3.2.1. Algemeen 40
3.2.2. Denitrificatie en nitraatuitspoeling 40
3.2.3. Berekeningswijze 42

3. 3. Nitraat in het oppervlaktewater 43
3. 3. 1. Toestroming van nitraatrijk grondwater 44
3. 3. 2. Instroming van nitraatrijk oppervlaktewater uit bovenstrooms gelegen gebieden 44
3. 3. 3. Berekeningswijze 45

3. 4. Transport van nitraat 47

3. 5. Fosfaat in ondiep grondwater 47

HOOFDSTUK 4. DE BEREKENDE NITRAATBELASTING VAN GROND- EN OPPERVLAKTEWATER 49

4. 1. Inleiding 49

4. 2. Kartering van de berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater 50
4. 2. 1. Indeling in belastingklassen 50
4. 2. 2. Interpretatie van de belastingkaart voor ondiep grondwater 50
4. 2. 3. Ruimtelijke en temporele variatie in de berekende nitraatbelasting en effecten voor natuurgebieden in het Noordelijk Zandgebied 53

4. 3. Kartering van de berekende nitraatbelasting van het oppervlaktewater 57
4. 3. 1. Inleiding 57
4. 3. 2. Stikstofnormen voor oppervlaktewater 58
4. 3. 3. Indeling in belastingklassen 58
4. 3. 4. Interpretatie van de belastingkaart 59
4. 3. 5. Inundatie in kwelgebieden 59
4. 3. 6. Ruimtelijke variaties in de berekende belasting van het oppervlaktewater en effecten voor natuurgebieden 60

4. 4. Bedreiging van de kwaliteit van hetgrondwater door uitspoeling van nitraat in waterwingebieden 61
4. 4. 1. Inleiding 61
4. 4. 2. Relatie landgebruik, geohydrologie en drinkwaterkwaliteit 63
4. 4. 3. Kwetsbaarheid van waterwingebieden 64
4. 4. 4. Beschrijving van de waterwinningen in het Noordelijk Zandgebied 64

HOOFDSTUK 5: EVALUATIE 67

5. 1. Inleiding 67

5. 2. Classificatie van stroomgebieden, waterwingebieden en grondwaterafhankelijke natuurgebieden naar (potentiële) bedreiging 68
5. 2. 1. Stroomgebieden 68
5. 2. 1. 1. Nitraat 68
5. 2. 1. 2. Fosfaat 69
5. 2. 2. Waterwingebieden 72
5. 2. 3. Grondwaterafhankelijke natuurgebieden 72

5. 3. Bescherming van natuurlijke ecosystemen in kwelgebieden 77

HOOFDSTUK 6: SAMENVATTING EN CONCLUSIES 83

LITERATUUR 93

BIJLAGEN

1. Mestoverschotten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën in kg N/ha cultuurgrond volgens landbouwkundige normen, berekend voor 1983 en 1986.

2. Mestoverschotten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën in kg N/ha bouwland + tuinbouwgrond volgens landbouwkundige normen, berekend voor 1983 en 1986.

3. Mestoverschotten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën in kg N/ha cultuurgrond volgens milieu-hygiënische benadering op basis van stikstof, berekend voor 1983 en 1986.

4. Mestoverschotten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën in kg P_2O_5/ha cultuurgrond volgens ecologische benadering, berekend voor 1983 en 1986.

KAARTBIJLAGEN

1. Ruimtelijke relaties door grondwaterstroming op de Nederlandse zandgronden: overzichtskaart van drainagegebieden (samenhangende inkomst- en herkomstgebieden van ondiep grondwater), grondwaterwinningen en landgebruik op de Pleistocene zandgronden.
   Blad 4: Noordelijk zandgebied

2. Berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater.
   2a: 1983
   2b: 1986

3. Berekende nitraatbelasting van het oppervlaktewater.
   3a: 1983
   3b: 1986

INLEIDING

De ontwikkelingen in de Nederlandse landbouw in de laatste decennia hebben geleid tot een toename van de mestproductie. Inmiddels is de mestproductie van een zodanige omvang, dat in delen van het landelijk gebied grote mestoverschotten bestaan, vooral op de zandgronden van Oost, Centraal en Zuid Nederland (Vissers et al, 1985). De ontwikkelingen in de landbouw op de zandgronden in Noord Nederland zijn achtergebleven bij de ontwikkelingen in de 3 overige zandgebieden, waardoor algemeen wordt aangenomen dat de mestproblematiek en de gevolgen daarvan in deze regio van geringere omvang is (STOM, 1983).
Door STOM (1983) werd reeds een relatie gelegd tussen de verontrustende nutriëntenbelasting van het milieu en de relatief grote invloed daarop van de mestproductie in de (intensieve) veehouderij. Daarom is de verwachting dat ook in het Noordelijk Zandgebied (inclusief de Veenkoloniën) een achteruitgang van voedselarme milieus en de kwaliteit van het grondwater, dat wordt gebruikt voor de bereiding van drinkwater, hoewel in mindere mate dan in de overige zandgebieden.

Probleemstelling

Van de nutriënten is het met name stikstof, dat in de vorm van nitraat een groeiend probleem vormt voor de bereiding van drinkwater (Van Beek et al, 1984). Deze stof spoelt, na toediening middels bemesting, gemakkelijk uit naar het grondwater. De concentratie ervan in het grondwater is groter, naarmate de mestgift toeneemt.
Van de nutriënten, die een bedreiging vormen voor de kwaliteit van voedselarme natuurterreinen (aquatische en terrestrische ecosystemen), wordt vooral gewezen op de werking van fosfaat, welke eveneens als meststof op het land wordt gebracht. Fosfor spoelt echter niet zonder meer uit naar het grondwater. Eerst na langdurige hoge mestdoseringen kan dit het geval zijn, en dan nog in eerste instantie in gebieden met ondiepe grondwaterstanden (Lexmond et al, 1982).
Bij het onderzoek naar het gedrag van deze stoffen in de bodem is tot voor kort relatief weinig aandacht besteed aan de ruimtelijke aspecten van de belasting van het grondwater (Vissers et al, 1985). Eenmaal in het grondwater aangekomen kunnen door grondwaterstroming, op afstand van de agrarische brongebieden, ook andere vormen van ruimtegebruik worden beïnvloed. Door de toestroming van met nutriënten belast grondwater naar natuurterreinen in kwelzones, zullen deze gebieden van functie veranderen, omdat bijzondere plantesoorten worden verdrongen door meer algemene. Derhalve zijn beschermende maatregelen noodzakelijk.
De bereiding van drinkwater uit grondwater, dat afkomstig is uit gebieden met een landbouwkundig bodemgebruik, kan op den duur problemen ondervinden door hoge mestdoseringen. Het betreft hier voornamelijk toenemende nitraatgehalten in het te winnen grondwater.
Uit onderzoek (Vissers et al, 1985) is gebleken, dat de

hoogste mestgiften voorkomen in de Oostelijke, Centrale en Zuidelijke Zandgebieden. Dit onderzoek naar de omvang en ruimtelijk spreiding van deze problematiek, en de daarmee samenhangende bedreiging van diverse ruimtegebruiksfuncties, werd destijds door de Rijksplanologische Dienst (RPD) van belang geacht voor de ontwikkeling van het toekomstig ruimtelijk beleid op landelijk niveau. Ter completering van dit beeld van de Nederlandse zandgronden ten behoeve van de Vierde Nota Ruimtelijke Ordening is eenzelfde studie uitgevoerd in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën, waarvan de resultaten in dit rapport worden gepresenteerd. In navolging van Vissers et al (1985) gelden voor dit onderzoek de volgende doelstellingen.

Doelstellingen:

1. Het vervaardigen van overzichten van de mestproductie in het Noordelijk Zandgebied op eenzelfde wijze als voor de overige zandgebieden en het geven van een overzicht van de ontwikkelingen in de mestproductie voor alle zandgronden tesamen in de periode 1983-1986 (hoofdstuk 1).

2. Het samenstellen van een overzicht van de ligging en omvang van bedreigde drinkwaterwinningen en van grondwaterafhankelijke ecosystemen, die behoren tot de actuele natuurgebieden of potentiële waardevolle voedselarme milieus (hoofdstuk 2).

3. Het ontwikkelen van een ruimtelijk beeld van de belasting van het ondiepe grondwater en oppervlaktewater in het genoemde zandgebied, rekening houdend met de lokale (geo)hydrologische gesteldheid en ruimtegebruik (hoofdstuk 3).

4. Een beschrijving van de mate waarin de drinkwaterwinningen en natuurgebieden in kwelzones in hun functioneren worden bedreigd, uitgaande van de berekende aanvoer van nitraat en fosfaat via grond- en/of oppervlaktewater (hoofdstuk 4).

5. Het aangeven van mogelijkheden om de in doelstelling 2 genoemde bedreiging te beperken en het aangeven van lokaties waar, na het treffen van maatregelen, waardevolle milieus tot ontwikkeling kunnen komen (hoofdstuk 5).

HOOFDSTUK 1. KWANTIFICERING VAN MESTOVERSCHOTTEN

1.1. INLEIDING

Door het toepassen van dierlijke meststoffen en kunstmest in de landbouw worden voedingsstoffen en mineralen in het milieu gebracht. De belangrijkste voedingsstoffen zijn stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K).
Mestoverschotten ontstaan, wanneer meer mest wordt geproduceerd dan nodig voor het instand houden van de productiviteit van de bodem (landbouwkundige benaderingswijze), of wanneer de mestproductie leidt tot een onaanvaardbare belasting van het milieu (milieu-hygiënische benadering). De landbouwkundige benaderingswijze gaat uit van een maximale gewasopbrengst en laat bemesting toe tot een niveau waarboven de gezondheid van vee en/of gewas in gevaar komt. De milieu-hygiënische benadering is voor dit onderzoek ontwikkeld en gaat uit van een gemiddelde gewasproductie bij een minimale belasting van bodem en grondwater met meststoffen (Vissers et al, 1985). Indien de volgens deze laatste benaderingswijze berekende mestoverschotten toch worden aangewend, ontstaat een ontoelaatbare milieubelasting. Een zekere mate van milieu-belasting treedt bij de landbouwkundige benadering al op, nog voor er van een mestoverschot sprake is, omdat in de toelaatbare mestdosering voor uitspoelingsverliezen wordt gecorrigeerd.
In dit hoofdstuk worden mestoverschotten berekend volgens beide benaderingswijzen voor het Noordelijk Zandgebied op basis van de landbouwtelling van 1983. De achtergronden van de berekeningswijzen worden slechts kort behandeld. Voor een uitgebreide beschrijving ervan wordt verwezen naar Vissers et al (1985). Daarnaast worden de resultaten gepresenteerd van de berekeningen op basis van de landbouwtelling van 1986, voor alle zandgebieden. Deze berekeningen zijn gemaakt ter vergelijking met de situatie in 1983, zoals gepubliceerd in Vissers et al (1985) voor het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied.

1.2. BEREKENING VAN MESTOVERSCHOTTEN VOLGENS LANDBOUWKUNDIGE NORMEN

Een mestoverschot is aanwezig, wanneer in een bepaald gebied het aanbod aan voedingsstoffen door middel van dierlijke mest en kunstmest groter is dan de landbouwkundige behoefte van de in hetzelfde gebied geteelde gewassen.
In deze studie worden de overschotberekeningen uitgevoerd per gemeente, omdat de basisgegevens (de CBS-landbouwtellingen van 1983 en 1986) meer gedetailleerde berekeningen niet toelaten. Geen rekening is gehouden met het transport van meststoffen naar andere gemeenten, omdat gegevens hieromtrent ontbreken.
Bij de berekeningen is uitgegaan van de landbouwtellingen van 1983 (CBS, 1984) en 1986 (CBS, 1987). Hierdoor is enerzijds vergelijking mogelijk met de studie betreffende het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk Zandgebied (Vissers et

al, 1985), anderszijds wordt een indruk verkregen van de meest recente ontwikkelingen. Gegevens met betrekking tot het kunstmestverbruik zijn ontleend aan Wijnands et al (1983) en hebben betrekking op de situatie in 1979 - 1980. Aangenomen is, dat het kunstmestverbruik sindsdien slechts weinig is veranderd (CBS, 1986, tabel J21).

Tabel 1: Factoren voor de omrekening van de onderscheiden categorieën dieren naar standaardeenheden van die diersoorten op basis van de mestproductie per dierplaats.

Categorieën dieren	Standaardeenheden
Rundvee	Rundvee-eenheid
Jongvee, jonger dan 1 jaar	0,3
Jongvee, 1 jaar	0,5
Jongvee, 2 jaar en ouder	0,7
Melk- en kalfkoeien	1,0
Stieren, 2 jaar en ouder	0,8
Mest- en weidekoeien, 2 jaar en ouder	1,0
Varkens	Varkens-eenheid
Biggen tot 20 kg, bij de zeug	0
Biggen tot 20 kg, gespeend	0
Mestvarkens, 20-50 kg	1,0
Mestvarkens, 50 kg en meer	1,0
Opfokzeugjes en -beertjes, 20-50 kg	1,25
Opfokzeugen, 50 kg en meer	1,25
Gedekte zeugen	2,5
Zeugen bij de biggen	2,5
Overige fokzeugen	2,5
Opfokberen, 50 kg en meer	1,25
Dekrijpe beren	2,5
Legkippen	Kippe-eenheid
Moederdieren van slachtrassen, jonger dan 6 maanden	0,3
Moederdieren van slachtrassen, 6 maanden en ouder	1,0
Leghennen, jonger dan 5 maanden	0,3
Leghennen, 5 maanden en ouder	1,0
Schapen	Schape-eenheid
Lammeren	0,5
Overige schapen	1,0

Bron: Van Dijk, 1984.

Tabel 2: In de mest aanwezige mineralen per dierplaats per jaar.

Diersoort	kg N	kg P_2O5	kg K_2O
Grondgebonden vee			
Rundvee (drijfmest)	89	36	100
Paarden (vaste mest)	83	28	89
Schapen (vaste mest)	13,5	5,2	13
Geiten (vaste mest)	13,5	5,2	13
Niet-grondgebonden vee			
Mestkalveren (drijfmest)	6,6	2,9	5,3
Varkens (drijfmest)	11,2	7,5	6,4
Legkippen (drijfmest)	0,72	0,75	0,36
Slachtkuikens (vaste mest)	0,16	0,15	0,11
Eenden (vaste mest)	0,70	0,50	0,48
Kalkoenen (vaste mest)	0,18	0,18	0,16
Ganzen (vaste mest)	0,70	0,50	0,48

Bron: Sluijsmans et al, 1978.
Neander et al, 1978.

1.2.1. DE PRODUCTIE VAN DIERLIJKE MEST EN KUNSTMEST

Elke in de landbouwtelling onderscheiden diersoort (tabel 1) produceert een voor die soort specifieke mest met een karakteristieke samenstelling (tabel 2). Daarom vindt berekening van de mestproductie plaats op basis van de in de mest aanwezige nutriënten, i.c. stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K), door vermenigvuldiging van het aantal dieren per diersoort per gemeente met de specifieke mineralenproductie.
De totale hoeveelheid geproduceerde mest per gemeente wordt vervolgens verkregen door sommering van de mestproductie van alle diersoorten, aangevuld met de hoeveelheid verbruikte kunstmest in die gemeente.
Sinds 1984 hanteert het CBS andere waarden met betrekking tot de specifieke mestsamenstelling per diersoort (CBS, 1986). Deze waarden zijn in dit onderzoek echter niet toegepast, omdat dit een vergelijking met de situatie in 1983 onmogelijk maakt. Ter illustratie van de effecten van de invoering van de nieuwe waarden zij hier vermeld, dat vergelijking met de gehanteerde waarden van voor 1984 (tabel 2) heeft uitgewezen, dat de productie van dierlijke mest in alle zandgebieden tesamen volgens de nieuwe waarden ca. 96 miljoen kg K_2O (35%) groter is dan volgens de oude waarden. Vergelijking op basis van N en P_2O_5 geeft daarentegen nauwelijks verschillen aan (1%) (landbouwtelling 1986).

Tabel 3: Gemiddelde optimale stikstofgiften (kg N per ha) voor verschillende gewassen in veeljarige proefvelden.

	zandgrond	kleigrond
Consumptie-aardappelen	190	215
Fabrieks-aardappelen	160	-
Suikerbieten	170	130
Tarwe	170	125
Gerst/haver/rogge	105	90
Handelsgewassen	150	150
Snijmais	200	200
Kunstweiden (alleen maaien)	450	450

Bron: Sluijsmans et al, 1978.

1.2.2. BEPALING VAN DE PLAATSBARE HOEVEELHEID MEST OP CULTUURGROND

Bij de berekening van mestoverschotten volgens landbouwkundige normen wordt er van uit gegaan, dat de mest van de grondgebonden veestapel (runderen, paarden, schapen, geiten) toekomt aan grasland en de mest van de niet-grondgebonden veestapel (alle overige onderscheiden diergroepen) aan bouwland (Sluijsmans et al, 1978).
Op grond van kwaliteitsoverwegingen (optreden van kopziekte bij rundvee) wordt de maximaal toelaatbare hoeveelheid mest op grasland bepaald door het kalium-gehalte en is door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) vastgesteld op het equivalent van 3,4 grootvee-eenheden rundvee (GVE) per hectare (ca. 350 kg K_2O/ha). Bij een geringere veebezetting (GVE < 3.4) mag een extra hoeveelheid mest ter grootte van de resterende kalium-behoefte worden aangewend, afkomstig van de niet-grondgebonden veestapel. Bij een grotere veebezetting (GVE > 3.4) moet het restant rundveemest worden afgevoerd naar bouwland (Sluijsmans et al, 1978).
Overdosering van stikstof leidt bij vele akkerbouwgewassen tot opbrengstvermindering. De maximaal toelaatbare hoeveelheid mest op bouwland is daarom afgestemd op de landbouwkundige stikstof behoefte. Deze is door het IB vastgesteld door middel van langjarige proefveld-onderzoeken en uitgedrukt in kg minerale (= kunstmest-) stikstof (tabel 3). Omdat dierlijke mest ook organische stikstofverbindingen bevat, die eerst na mineralisatie in de bodem voor planten beschikbaar zijn, en ter correctie voor uitspoelingsverliezen buiten het groeiseizoen, moeten de in tabel 3 vermelde waarden met een factor 10/6 worden vermenigvuldigd om de landbouwkundige behoefte aan dierlijke mest te verkrijgen. De maximale hoeveelheid plaatsbare mest op bouwland wordt berekend door per gewassoort het bebouwde areaal te vermenigvuldigen met de landbouwkundige stikstofbehoefte aan dierlijke mest en deze waarden te sommeren (kg N per gemeente).

Resteert na de landbouwkundig optimale bemesting van gras- en bouwland, zoals hierboven omschreven, nog een zekere hoeveelheid mineralen, dan is een mestoverschot aanwezig. Het overschot wordt uitgedrukt in kg N per hectare cultuurgrond.
De landbouwkundige benaderingswijze impliceert, gezien de berekeningswijze, dat in ieder geval geen mestoverschot op grasland mag ontstaan. Dit betekent in feite, dat het totale mestoverschot toegerekend kan worden aan het areaal bouwland in de betreffende gemeente en derhalve uitgedrukt in kg N per hectare bouwland.

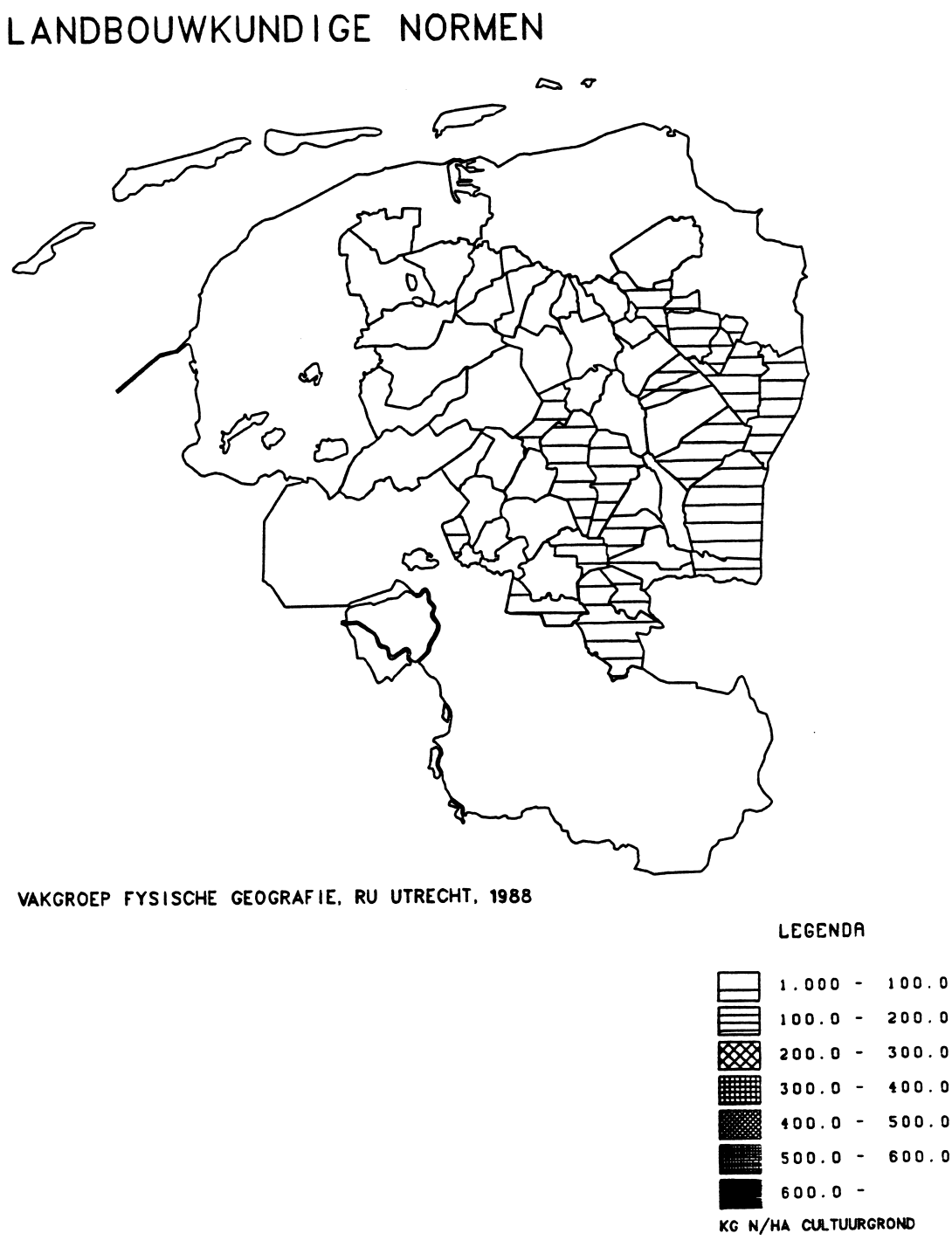
1.2.3. RESULTATEN

De berekende mestoverschotten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën (voor 1983) zijn gering in vergelijking met de situatie in de overige zandgebieden (zie Vissers et al, 1985). De hoogste waarden (kaart 1, figuur 1 en bijlage 1) zijn berekend voor de gemeenten Hardenberg (100 kg N/ha cultuurgrond) en Avereest (53 kg N/ha cultuurgrond), beide gelegen in de Provincie Overijssel. Opvallend is dat, in tegenstelling tot de heersende opvattingen, alle gemeenten in de Veenkoloniën een mestoverschot bezitten. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een betrekkelijk intensief gebruik van kunstmest-N op bouwland in deze regio.
In 37 van de in totaal 58 gemeenten is geen mestoverschot aanwezig (61,4% van het totaal areaal cultuurgrond). Tot deze groep behoren alle Friese gemeenten en de gemeenten in West en Midden Drenthe.
Het totale mestoverschot bedraagt ca. 3,4 miljoen kg N-totaal, en bestaat uit:

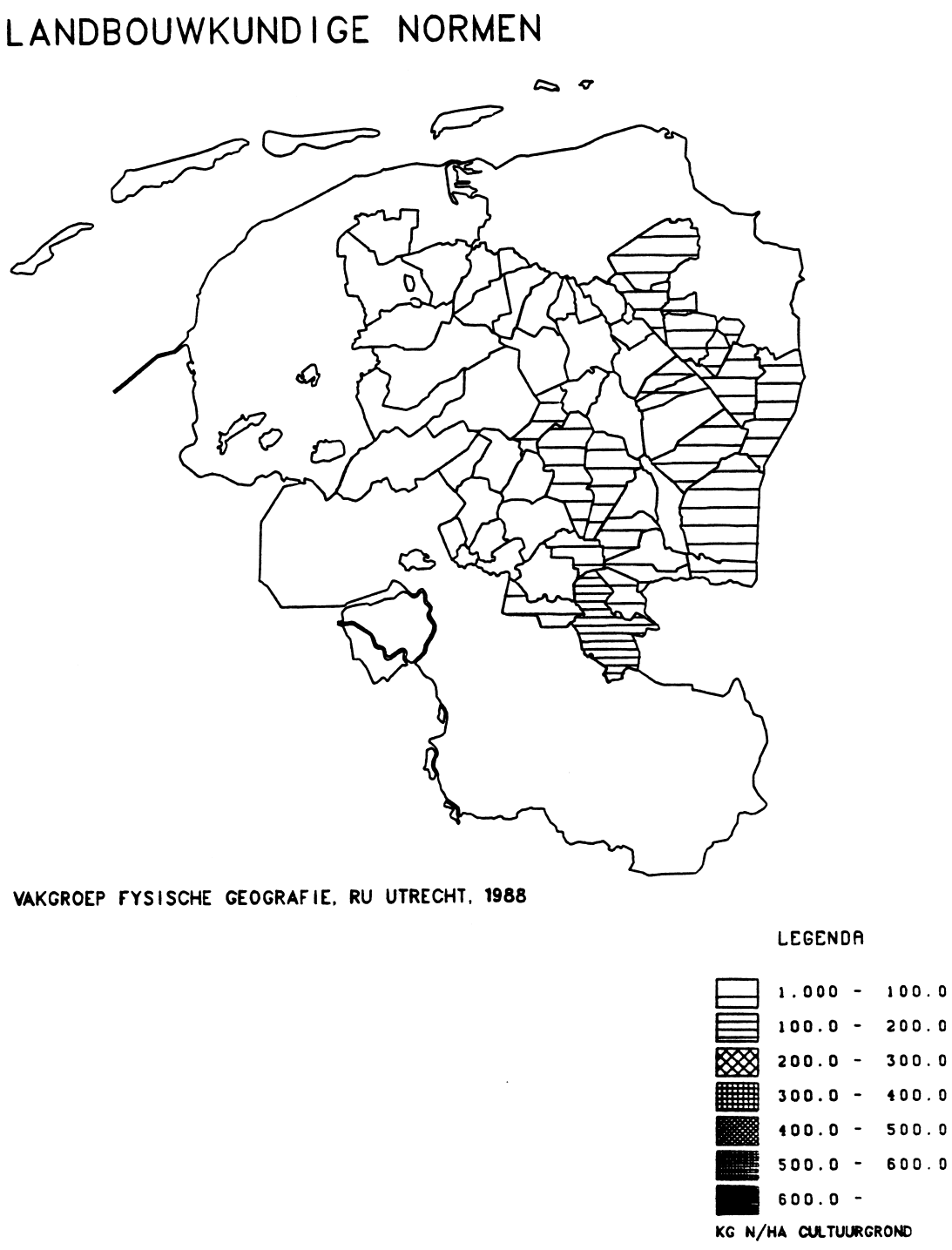
250.000 ton varkensdrijfmest
150.000 ton kippendrijfmest
45.000 ton paarden-, schapen- en geitenmest
4.000 ton rundveedrijfmest
8.000 ton kalvergier

Uitgedrukt in varkensdrijfmest bedraagt het totale overschot ca 490.000 ton. Voor de gemeenten zonder mestoverschot is berekend dat het totale mesttekort ca 640.000 ton varkensdrijfmest bedraagt. In het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën bestond in 1983 dus een mesttekort van ca 150.000 ton varkensdrijfmest. In 1982 werd in het studiegebied een hoeveelheid mest geimporteerd die gelijk is aan ca 130.000 ton varkensdrijfmest (CBS, 1987). Uitgaande van een optimale verspreiding van meststoffen bestond in dat jaar in het studiegebied een mesttekort van ca 20.000 ton varkensdrijfmest (ca 170.000 kg N-totaal).

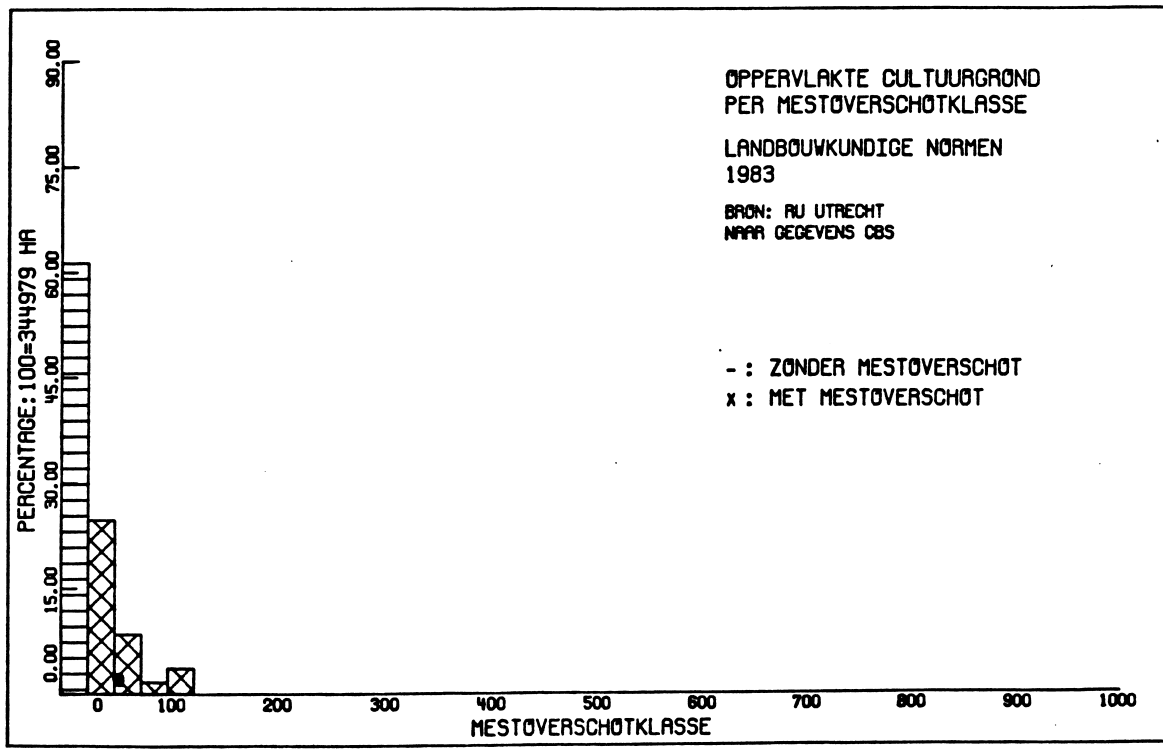
Kaart 1: Mestoverschotten, berekend volgens landbouwkundige normen, voor de gemeenten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën (1983)



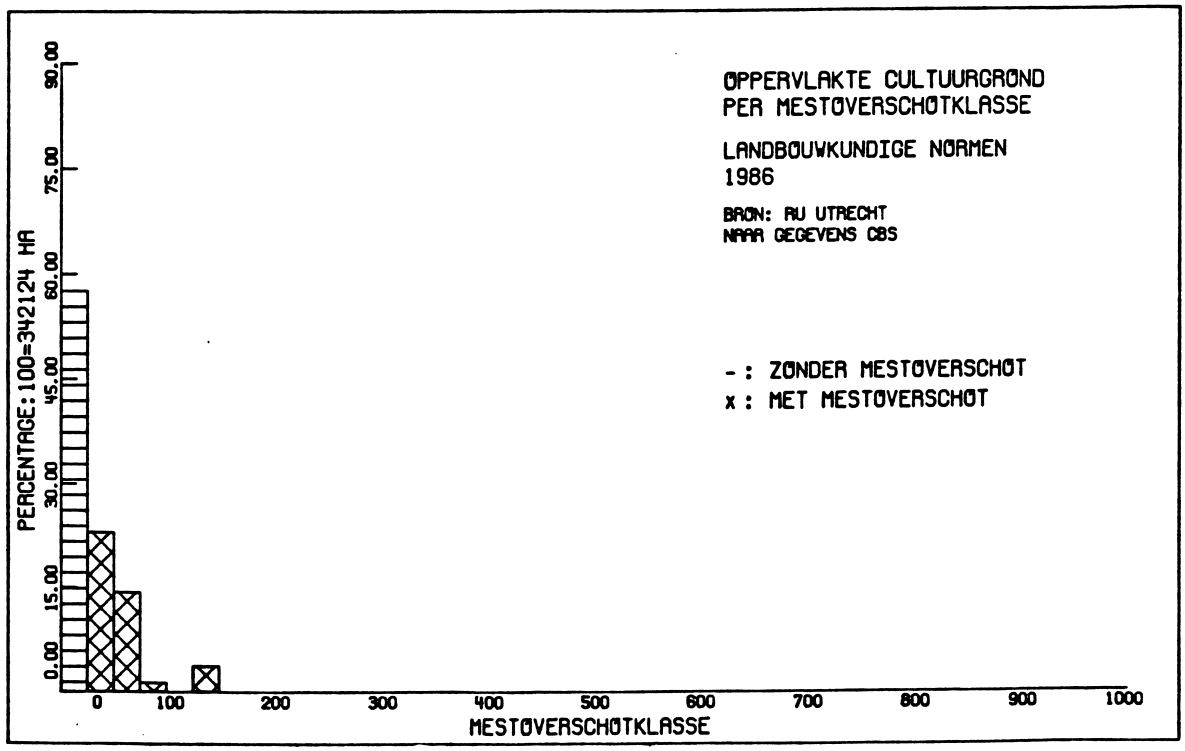
Kaart 2: Mestoverschotten, berekend volgens landbouwkundige normen, voor de gemeenten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën (1986)



Figuur 1: Oppervlakte cultuurgrond per mestoverschotklasse (1983), volgens landbouwkundige criteria (IB-normen) inclusief kunstmest, in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën



Figuur 2: Oppervlakte cultuurgrond per mestoverschotklasse (1986), volgens landbouwkundige criteria (IB-normen) inclusief kunstmest, in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën



Voor 1986 (kaart 2, figuur 2, bijlage 1) zijn de grootste mestoverschotten berekend voor Hardenberg (102 kg N/ha cultuurgrond) en Gramsbergen (62 kg N/ha). In 36 gemeenten is geen mestoverschot aanwezig. Deze gemeenten omvatten 57,6% van het totaal areaal cultuurgrond. De regionale verschillen zijn identiek aan de situatie in 1983.
Het totale mestoverschot bedraagt ca 3,9 miljoen kg N-totaal. De stijging wordt voor het overgrote deel veroorzaakt door de toename van de hoeveelheid pluimveemest in het overschot tot 190.000 ton. Uitgerekend als varkensdrijfmest bedraagt het overschot ca 560.000 ton. Het totale tekort in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën begroeg in 1986 het equivalent van 645.000 ton varkensdrijfmest. In 1984 werd in het gebied in totaal het equivalent van ca 115.000 ton varkensdrijfmest geimporteerd (CBS, 1987). Daardoor bestond in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën in 1986 een netto-mestoverschot ter grootte van ca 30.000 ton varkensdrijfmest, ondanks de tussentijdse invoering van de superheffing. In de periode 1983-1986 is derhalve het onderzoeksgebied veranderd van een gebied met een mesttekort in een gebied met een netto mestoverschot.

De invoering van de interimwet "Beperking Intensieve veehouderij" in de loop van 1984 heeft weinig effect gesorteerd op de mestoverschotten situatie in de 4 zandgebieden.
Het totale mestoverschot volgens landbouwkundige normen is tussen 1983 en 1986 toegenomen van 97 tot 117 miljoen kg N-totaal, ofwel van ca 13,9 miljoen tot 16,7 miljoen ton varkensdrijfmest van gemiddelde samenstelling. De stijging wordt vooral veroorzaakt door toename van het overschot varkensdrijfmest (+ 2,3 miljoen ton; +24%) en pluimveedrijfmest (+ 0,5 miljoen ton; +19%). Het overschot rundveedrijfmest is in deze periode gehalveerd tot ca 100.000 ton, als gevolg van de invoering van de superheffing.

1.3. BEREKENING VAN MESTOVERSCHOTTEN VOLGENS MILIEU-HYGIENISCHE BENADERING

Bij de vaststelling van de maximaal plaatsbare hoeveelheid mest op cultuurgrond volgens landbouwkundige normen, wordt onder meer rekening gehouden met uitspoelingsverliezen van stikstof naar het grondwater. Deze uitspoelingsverliezen zijn het gevolg van mineralisatie van in de bodem aanwezige stikstof buiten het groeiseizoen en de toediening van meststoffen in najaar en winter, wanneer een eventueel gewas daarvan nauwelijks kan profiteren. Om deze reden zijn volgens deze methode berekende mestoverschotten niet geschikt voor de vaststelling van de belasting van bodem en grondwater met meststoffen.
Bij de berekening van mestoverschotten volgens milieuhygiënische benadering wordt de toelaatbare dosering van meststoffen afgestemd op een minimale belasting van bodem en grondwater.
Stikstof en fosfor zijn belangrijke mestbestanddelen waarvan nadelige milieu-effecten bekend zijn. Het gedrag van deze stoffen in de bodem met betrekking tot de beschikbaar-

heid voor het gewas is daarom uitgangspunt bij deze benadering. Overige uitgangspunten zijn een goede bodemvruchtbaarheid en de gemiddelde voedingsstoffen opname door het gewas bij een "goede oogst" (Proefstation voor de Akkerbouw, 1973; Vissers et al, 1985). Dit betekent dat de toelaatbare dosering van meststoffen de opname door het gewas, uitsluitend gecorrigeerd voor verliezen naar de atmosfeer, niet overtreft. Aangezien het opname-rendement van voedingsstoffen niet altijd 100% bedraagt, mag de maximaal toelaatbare dosering van stikstof niet zonder meer als normgift worden opgevat. Voor fosfor is dit wel het geval.
Na het in mindering brengen van de maximaal toelaatbare hoeveelheden stikstof en fosfaat op de totale productie in dierlijke mest en kunstmest ontstaat eventueel een mestoverschot. Het niet afvoeren van dit overschot vormt de basis voor de berekening van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater (hoofdstuk 3).

1.3.1. STIKSTOF

1.3.1.1. BEPALING VAN DE TOELAATBARE DOSERING OP CULTUURGROND

Nadelige milieu-effecten van stikstof zijn het gevolg van de uitspoeling van nitraat (NO_3) naar het grondwater. Met nitraat belast grondwater kan, indien het wordt gebruikt voor de bereiding van drinkwater, gevaar opleveren voor de volksgezondheid. Daarnaast draagt nitraat bij aan de eutrofiëring van voedselarme terrestrische en aquatische ecosystemen.
Om de nitraat-uitspoeling zo veel mogelijk te beperken, moet de maximaal toelaatbare stikstofdosering van cultuurgrond worden afgestemd op de hoeveelheid stikstof die met de oogst wordt afgevoerd (tabel 4). Behalve door de toepassing van (dierlijke) mest vindt ook stikstof-aanvoer plaats door atmosferische depositie (gemiddeld 46 kg N/ha/jaar; Van Aalst en Diederen, 1983).
Anorganische stikstofverbindingen zijn direct opneembaar voor planten. Bij toepassing van uitsluitend kunstmest (100% anorganische stikstof) bedraagt de maximaal toelaatbare stikstofdosering op cultuurgrond (X) daarom:

X = gewasopname - atmosferische depositie

Aangenomen is dat van de hoeveelheid stikstof afkomstig van atmosferische depositie, gemiddeld de helft (23 kg N/ha) ten goede komt aan akkerbouwgewassen ten tijde van het groeiseizoen. Op grasland bedraagt deze hoeveelheid 41 kg N/ha als gevolg van het langere groeiseizoen.
In dierlijke mest is naast een zekere hoeveelheid anorganische stikstofverbindingen (vooral ammonium: NH_4) ook stikstof van organische oorsprong aanwezig. Deze laatste groep is eerst na mineralisatie tot anorganische verbindingen opneembaar voor planten. Mineralisatie treedt ook buiten het groeiseizoen op, waardoor niet alle in mest aanwezige organische stikstofverbindingen voor het gewas

beschikbaar zijn.
Tijdens het uitrijden van dierlijke mest zal een deel van de aanwezige ammonium vervluchtigen in de vorm van ammoniak (NH_3). Omdat op bouwland de mest wordt ondergeploegd, is daar de vervluchtiging geringer dan op grasland (respectievelijk 20% en 32% van het gehalte aan anorganische stikstof).
Dit alles leidt ertoe, dat van de totale hoeveelheid stikstof in dierlijke mest (X), op grasland ca 81% ten goede komt aan het gewas, op bouwland ca 79%:

grasland: X = (1,235 x gewasopname) - atmosferische depositie
bouwland: Y = (1,263 x gewasopname) - atmosferische depositie

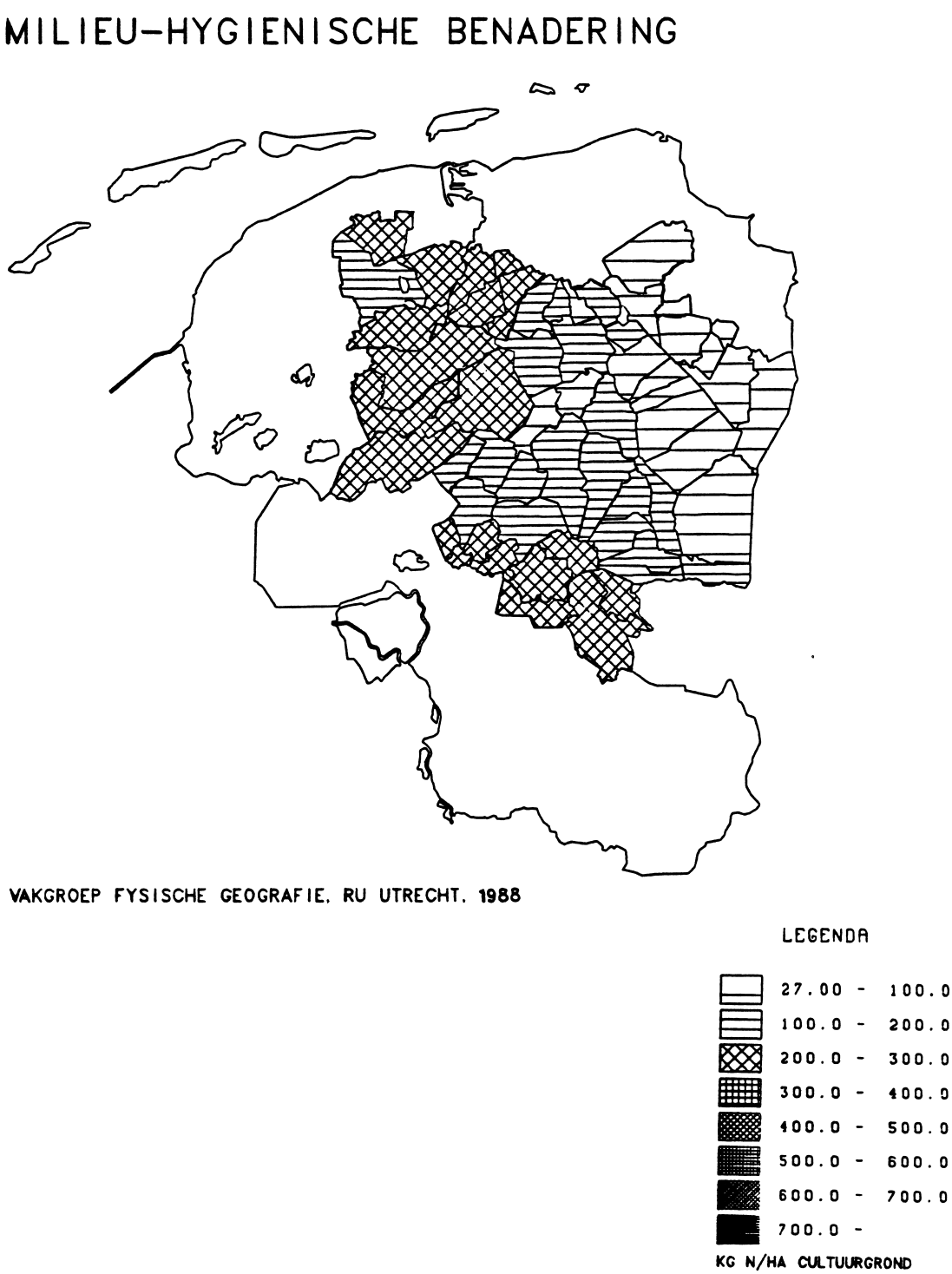
Tabel 5: Onttrekking van voedingsstoffen door landbouwgewassen.

Gewas	Opbrengst bij een goede oogst (kg/ha) K[1]	L[1]	Gemiddelde onttrekking per oogst (kg/ha) N	P_2O_5	K_2O
Granen					
Tarwe	5.500	5.000	131	56	77
Rogge	3.500	5.000	65	32	63
Gerst	5.000	3.500	85	44	83
Haver	4.500	4.000	92	48	108
Mais	5.500	2)	70	31	17
Peulvruchten			150	40	70
Knol- en wortelgewassen					
Consumptie-aardappelen	40.000	2)	120	55	221
Fabrieks-aardappelen	40.000	2)	120	55	184
Suikerbieten	50.000	35.000	266	102	339
Voederbieten	80.000	15.000	156	76	378
Stoppelknollen	40.000		117	51	176
Koolrapen	40.000	8.000	112	47	199
Handelsgewassen			65	50	80
Groenvoedergewassen					
Klaver, 1e snede hooi		4.000	102	24	85
Luzerne, 1e snede hooi		5.000	128	30	149
Grasland, 1e snede hooi		5.000	108	32	128
Snijmais	50.000		188	81	232

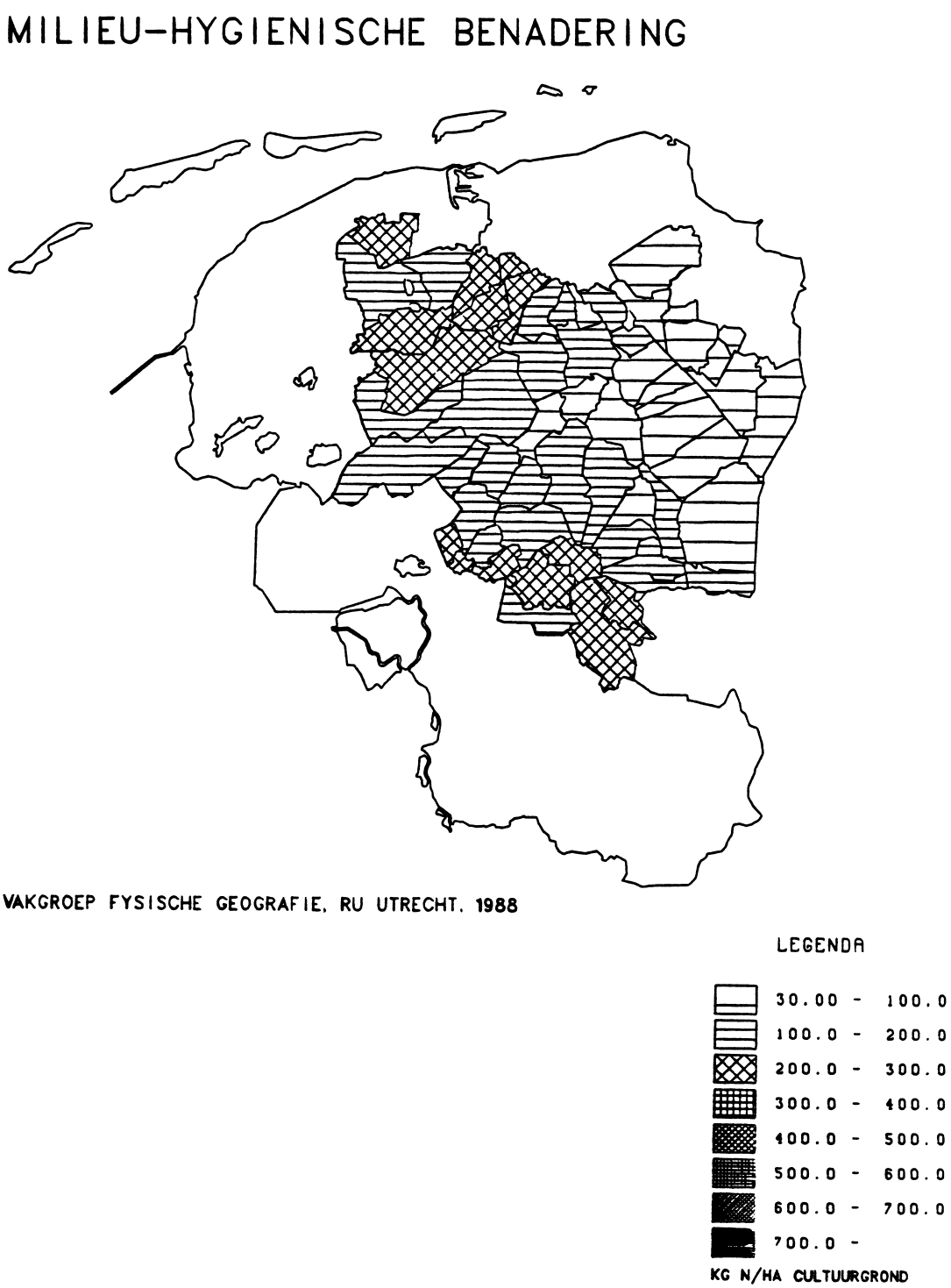
1) K heeft betrekking op de korrel resp. knol; L op het stro of loof.
2) Het loof komt voor het grootste deel op het land terug.

Bron: Handboek voor de Akkerbouw, 1973.

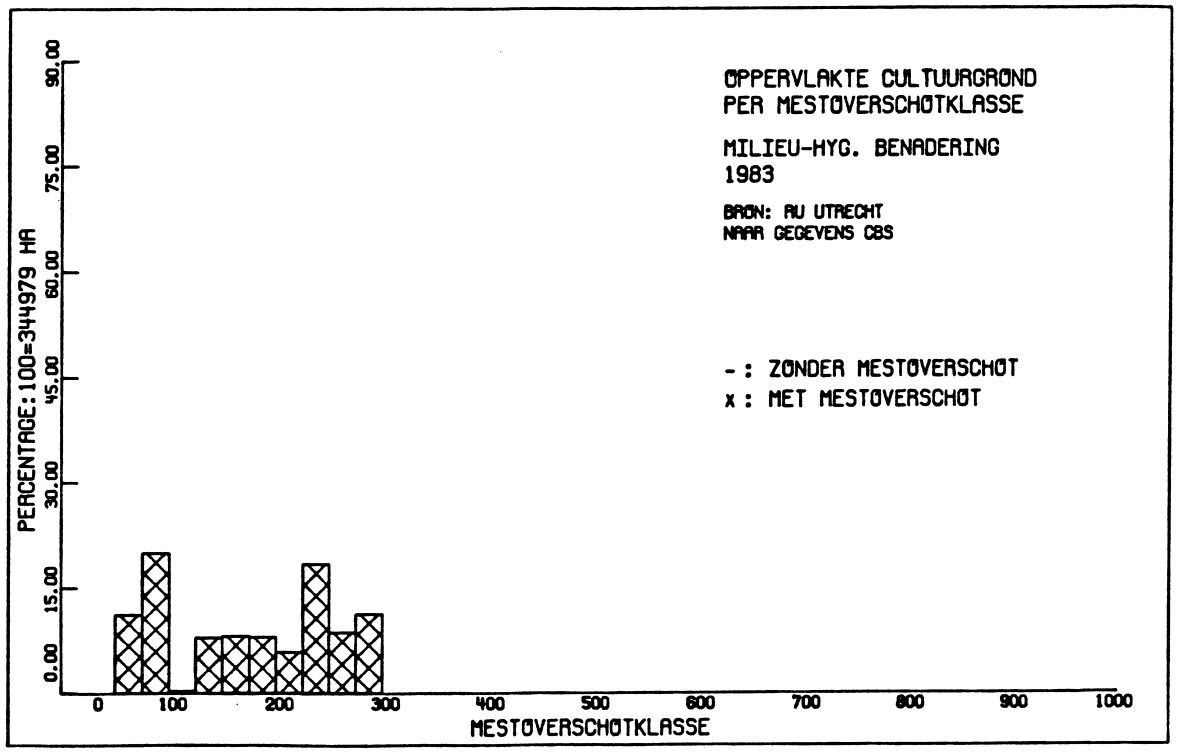
Kaart 3: Mestoverschotten, berekend volgens milieu-hygiënische benadering op basis van stikstof, voor de gemeenten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën (1983).



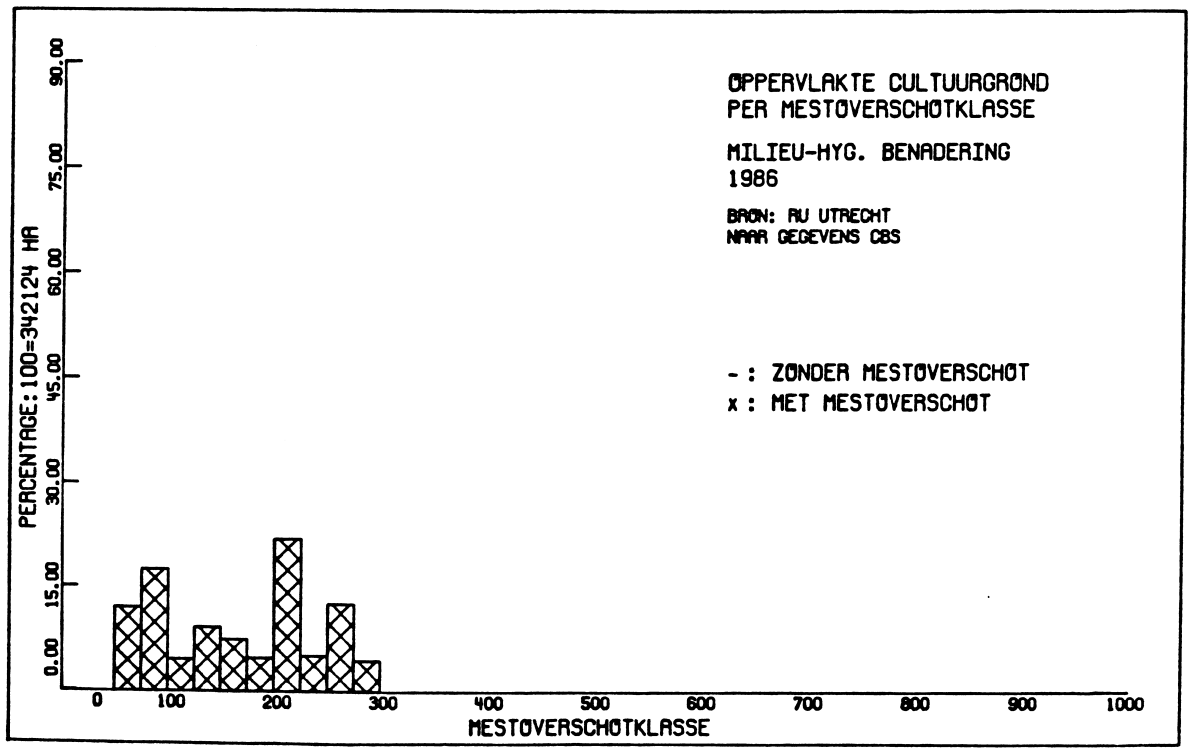
Kaart 4: Mestoverschotten, berekend volgens milieu-hygiënische benadering op basis van stikstof, voor de gemeenten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën (1986).



Figuur 3: Oppervlakte cultuurgrond per mestoverschotklasse (1983) volgens milieu-hygiënische benadering op basis van stikstof, voor het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën



Figuur 4: Oppervlakte cultuurgrond per mestoverschotklasse (1986) volgens milieu-hygiënische benadering op basis van stikstof, voor het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën



1. 3. 1. 2. RESULTATEN

Op basis van de berekende mestoverschotten volgens milieuhygiënische benadering (1983) laat het studiegebied zich in drie delen opsplitsen (kaart 3, figuur 3, bijlage 3). Gemeenten met een berekend mestoverschot van minder dan 100 kg N/ha cultuurgrond komen uitsluitend voor in de Veenkoloniën. De hoogste mestoverschotten (tot 266 kg N/hacultuurgrond) worden berekend voor gemeenten in de Friese weidestreek en Overijssel. Door Vissers et al (1985) is al gewezen op de grote invloed van het aandeel rundveedrijfmest in het mestoverschot, zoals dat op deze wijze wordt berekend. Het geringe aandeel grasland in het areaal cultuurgrond en de relatief lage veebezetting in de Veenkoloniën en omgekeerd de relatief grote veebezetting en het grote areaal grasland in Friesland vormen de verklaring voor deze regionale verschillen.
In alle gemeenten is volgens deze benadering een mestoverschot aanwezig. Het totale mestoverschot bedraagt 51,9 miljoen kg N- totaal en bestaat uit:

9. 500. 000 ton rundveedrijfmest
700. 000 ton varkensdrijfmest
360. 000 ton pluimveedrijfmest
225. 000 ton mest van paarden, schapen en geiten
125. 000 ton kalvergier

Het totale mestoverschot berekend op basis van de mei-telling van 1986 (kaart 4, figuur 4, bijlage 3) is met 48,3 miljoen kg N-totaal 7% lager dan in 1983. Dit is uitsluitend het gevolg van een afname van het overschot rundveedrijfmest met 1,1 miljoen ton (11,6%) tot 8,4 miljoen ton door de invoering van de superheffing op teveel geproduceerde melk. Bij alle overige mestsoorten is een stijging in het berekende overschot geconstateerd (bijlage 3). De daling heeft dan ook vooral plaatsgevonden in de Friese gemeenten. Een stijging daarentegen heeft plaatsgevonden in de Veenkoloniën.

In de zandgebieden als totaal is het mestoverschot in 3 jaar verder toegenomen met 14,9 miljoen kg N-totaal tot 264 miljoen kg (+ 5,6%). Ook nu is de invoering van de superheffing waar te nemen: het overschot rundveedrijfmest is gedaald van 29,3 tot 26,0 miljoen ton (- 11,3%). De overschotten aan andere mestsoorten zijn echter veel sterker gestegen. Zo zijn de overschotten varkensdrijfmest (+26,4%), pluimveedrijfmest (+16,9%) en paarden-, schapen- en geitenmest (+12,7%) gestegen tot respectievelijk 15,8 miljoen ton, 3,5 miljoen ton en 825. 000 ton.

1. 3. 2. FOSFOR

1. 3. 2. 1. BEPALING VAN DE TOELAATBARE DOSERING OP CULTUURGROND

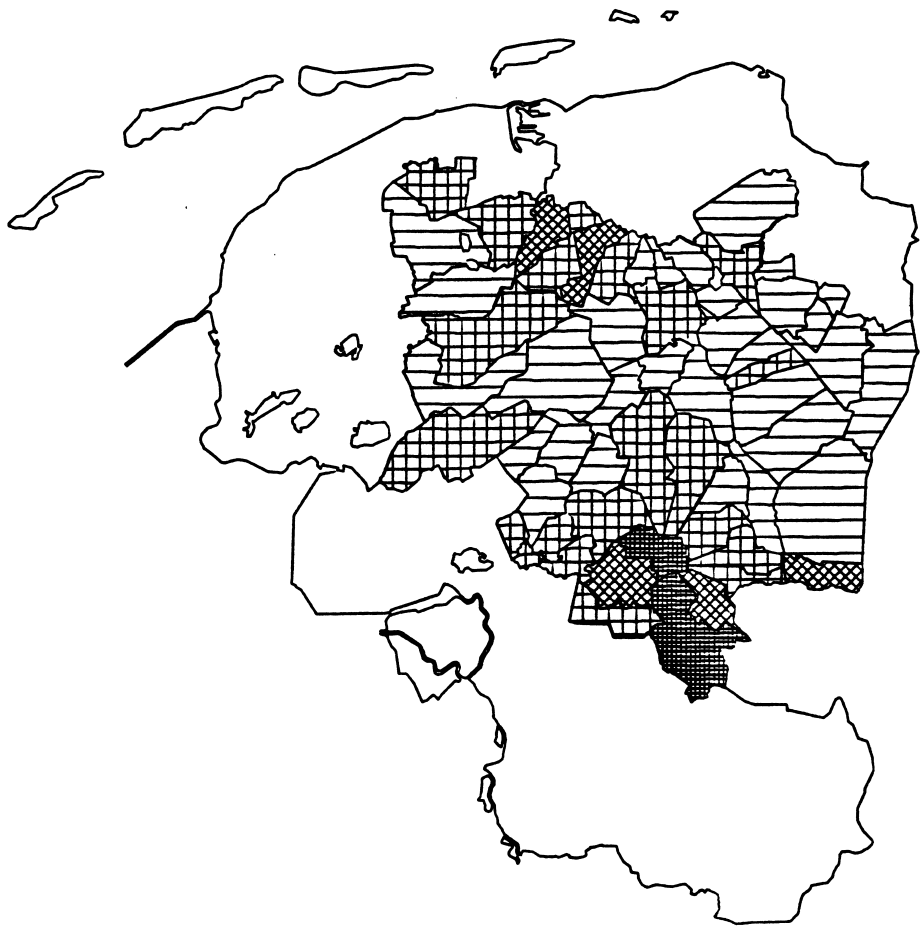
Anorganische fosforverbindingen die op de bodem worden gebracht zullen, voor zover zij niet worden opgenomen door planten, in de bodem voor langere tijd worden geïmmobiliseerd. Deze immobilisatie wordt veroorzaakt door adsorptie van fosfaat aan ijzer(III)-(hydr)oxiden, aluminium-(hydr)-oxiden en, in mindere mate, kleimineralen (Lexmond et al, 1982). De adsorptiecapaciteit is echter niet onbeperkt, waardoor, indien meer fosfaat aan de bodem wordt toegediend dan door het gewas wordt opgenomen, na verloop van tijd fosfaat kan uitspoelen naar het grondwater
In de verzadigde zone is het vastleggend vermogen vele malen geringer (Breeuwsma, 1984), zodat de fosfaatverontreiniging zich zal verspreiden als gevolg van grondwaterstroming. Hierdoor worden voedselarme natuurgebieden in kwelzones bedreigd met eutrofiëring. Ook kan aantasting optreden van de drinkwaterkwaliteit. De maximaal toelaatbare hoeveelheid fosfor die met (dierlijke) mest op cultuurgrond mag worden gedoseerd, mag de hoeveelheid die door het gewas wordt opgenomen (tabel 4) niet overtreffen, daar elke meer toegediende hoeveelheid de adsorptiecapaciteit van de bodem vermindert en daarmee fosfaatuitspoeling dichterbij brengt. Deze benadering is gelijk aan de eindnormering, zoals vastgelegd in de AMvB - "Besluit gebruik dierlijke meststoffen" in het kader van de Wet bodembescherming en mag daarom worden beschouwd als milieunorm.
Op cultuurgrond vindt alleen aanvoer van fosfor plaats door het gebruik van dierlijke mest en kunstmest. De atmosferische depositie van fosfor is verwaarloosbaar (0,09 kg P/ha/jaar: KNMI/RIV, 1982).
Afvoer van fosfor is vrijwel uitsluitend het gevolg van afvoer met het geoogste product. Wel kan plaatselijk in de wintermaanden (indien mest wordt uitgereden) oppervlakkige afspoeling van fosfaat optreden, maar deze is incidenteel van aard en heeft slechts een gering effect op de totale afvoer van fosfaat (Sherwood, 1979).
Uitgaande van een goede fosfaattoestand van de bodem en van de toediening van kunstmest kan de maximaal toelaatbare hoeveelheid fosfor (X) gelijk worden gesteld aan de gewasonttrekking.

X = gewasonttrekking

Dierlijke mest bevat gemiddeld 20% organisch gebonden fosfor, waarvan 7,5% in opgeloste vorm. Deze 1,5% van de totale fosforvoorraad in dierlijke mest is direct beschikbaar voor uitspoeling. De overige organische fosforbestanddelen zullen in korte tijd worden omgezet in anorganisch fosfaat, zodat ook deze fractie beschikbaar is voor het gewas. De in dierlijke mest aanwezige voorraad fosfor is derhalve vrijwel geheel beschikbaar voor het gewas en er kan worden gesteld, dat de maximaal toelaatbare hoeveelheid

Kaart 5: Mestoverschotten, berekend volgens ecologische normen op basis van fosfaat, voor de gemeenten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën (1983)

ECOLOGISCHE BENADERING



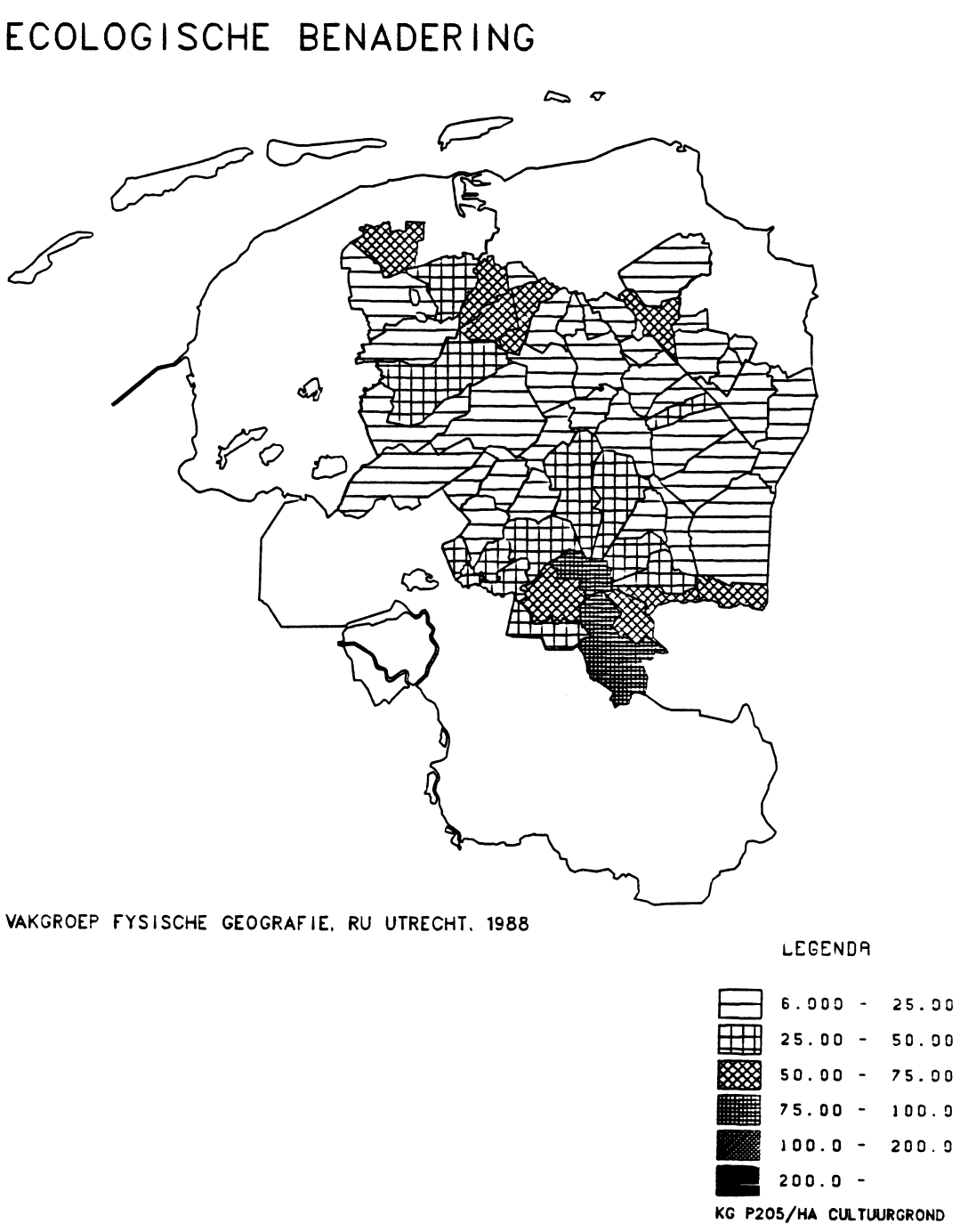
VAKGROEP FYSISCHE GEOGRAFIE, RU UTRECHT, 1988

LEGENDA

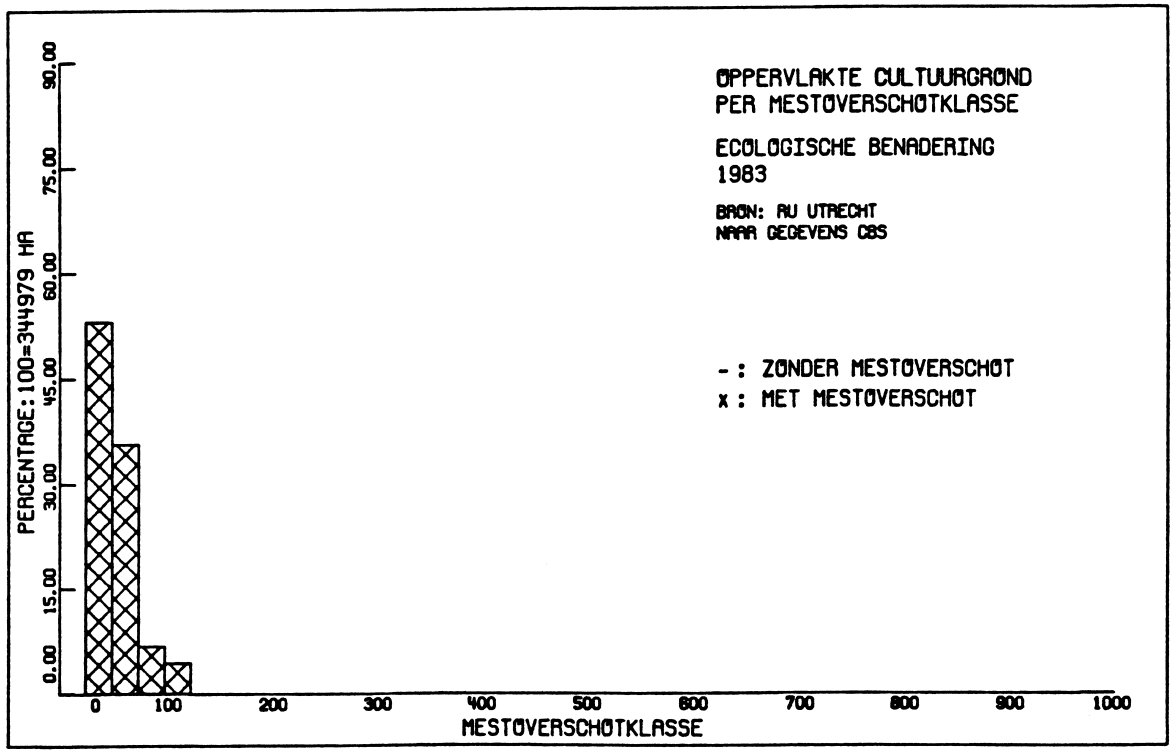
6.000 - 25.00
25.00 - 50.00
50.00 - 75.00
75.00 - 100.0
100.0 - 200.0
200.0 -

KG P2O5/HA CULTUURGROND

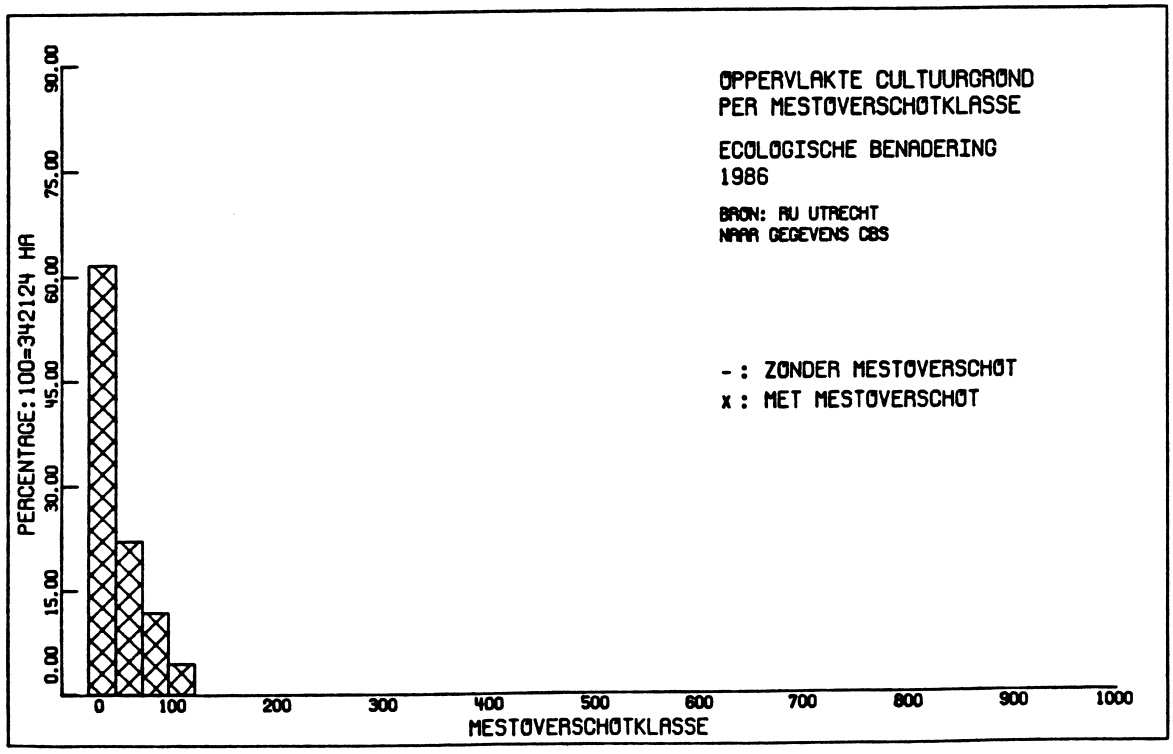
Kaart 6: Mestoverschotten, berekend volgens ecologische normen op basis van fosfaat, voor de gemeenten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën (1986)



Figuur 5: Oppervlakte cultuurgrond per mestoverschotklasse (1983) volgens ecologische normen op basis van fosfaat, voor het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën



Figuur 6: Oppervlakte cultuurgrond per mestoverschotklasse (1986) volgens ecologische normen op basis van fosfaat, voor het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën



fosfor (X) bij de toediening van dierlijke mest eveneens gelijk is aan de gewasonttrekking.

1.3.2.2. RESULTATEN

De volgens milieunorm berekende mestoverschotten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën (kaart 5, figuur 5 en bijlage 4) liepen in 1983 uiteen van 6 kg P_2O_5/ha cultuurgrond (gemeente Anloo) tot 96 kg P_2O_5/ha cultuurgrond (gemeente Hardenberg). Daarmee steekt het studiegebied gunstig af in vergelijking met de overige pleistocene zandgebieden in Nederland. Weliswaar is voor alle cultuurgrond een mestoverschot berekend, maar voor 53,2% van het totaal areaal cultuurgrond is het overschot minder dan 25 kg P_2O_5/ha en voor slechts 11,2% is het overschot meer dan 50 kg P_2O_5, gelegen in de gemeenten Grootegast, Leek, Hoogeveen, Schoonebeek, Zuidwolde, Gramsbergen en het reeds genoemde Hardenberg.
Op deze wijze berekend bedraagt het totale mestoverschot in het studiegebied 10,1 miljoen kg P_2O_5, opgebouwd uit:

1.650.000 ton rundveedrijfmest
700.000 ton varkensdrijfmest
350.000 ton pluimveedrijfmest
90.000 ton paarden-, schapen- en geitenmest
50.000 ton kalvergier

De situatie in 1986 (kaart 6, figuur 6 en bijlage 4) verschilt weinig van de situatie in 1983. In 1986 liepen de overschotten uiteen van 6 kg P_2O_5/ha cultuurgrond (Anloo) tot 99 kg P_2O_5/ha cultuurgrond (Hardenberg). Wederom is voor alle cultuurgrond een mestoverschot berekend, doch nu bestaat op 61,7% van het totaal areaal cultuurgrond een overschot van minder dan 25 kg P_2O_5/ha. Het areaal cultuurgrond met een overschot van meer dan 50 kg P_2O_5 is eveneens toegenomen (tot 16,2%).
Per saldo is het totaal mestoverschot in het studiegebied in 1986 4,5% groter dan in 1983 (10,6 miljoen kg P_2O_5). De afname van het overschot rundveedrijfmest (-17,3%) tot 1.360.000 ton is volledig gecompenseerd door toename van de overschotten varkensdrijfmest (+16,3%) tot 810.000 ton, pluimveedrijfmest (+10.2%) tot 390.000 ton en mest van paarden, schapen en geiten (+20,5%) tot 110.000 ton.

De situatie in alle zandgebieden tesamen is in de periode 1983-1986 verder verslechterd. Het totale mestoverschot is toegenomen van 96,5 tot 114,5 miljoen kg P_2O_5 (+18,7%), ondanks de afname van het overschot rundveedrijfmest in deze periode met 1,2 miljoen tot 3,9 miljoen ton (-23,3%). De overschotten aan overige mestsoorten zijn echter alle toegenomen. Het overschot varkensdrijfmest met 26,2% tot 15,4 miljoen ton, het overschot pluimveedrijfmest met 17,2% tot 3,5 miljoen ton, het overschot paarden-, schapen- en geitenmest met 13,1% tot 320.000 ton en het overschot kalvergier met 12,4% tot 360.000 ton.

HOOFDSTUK 2. HYDROLOGISCHE RELATIES VIA ONDIEP GRONDWATER

2.1. INLEIDING

Inzicht in het stromingspatroon van grondwater is noodzakelijk om de verspreiding en de negatieve gevolgen van de in hoofdstuk 1 aangeduide verontreinigingen voor de kwaliteit van natuurgebieden en drinkwater te kunnen bestuderen en maatregelen te treffen.
In het algemeen stroomt grondwater van infiltratiegebieden (vanaf de grondwaterscheiding) door ondiepe en diepe bodemlagen naar lager gelegen gebieden (kwelgebieden). In het kwelgebied bevindt zich meestal de drainagebasis (een hoofdwatergang) van het ondiepe grondwater. Vanwege de geringe stroomsnelheid van het grondwater (gemiddeld enkele tientallen meters per jaar) zullen verontreinigingen pas na vele jaren merkbaar worden. De stroomsnelheid van het grondwater kan toenemen tot enkele honderden meters per jaar, naarmate de samenstelling van het watervoerende pakket grover wordt en de afvoer door de drainagebasis toeneemt. Uitgaande van een vergelijkbare afvoer wordt de verblijftijd in het pakket groter, naarmate de dikte van het pakket en de afstand tot de drainagebasis toeneemt.
Teneinde eventuele gevolgen voor grondwaterafhankelijke ruimtegebruiksfuncties te overzien, is het derhalve noodzakelijk inzicht te hebben in de ruimtelijke posities die grondwaterafhankelijke levensgemeenschappen en waterwinningen innemen ten opzichte van het grondwaterstromingssysteem. In deze studie is alleen de verplaatsing van stoffen via het ondiepe grondwater behandeld, aangezien er een nauw verband bestaat tussen het bodemgebruik en de samenstelling van dit ondiepe grondwater. Bovendien kunnen de effecten hiervan zich op relatief korte termijn voordoen. Met betrekking tot de waterwingebieden wordt ook het diepere grondwater in beschouwing genomen.
De ligging van kwel- en infiltratiegebieden in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën is slechts globaal bekend (Werkgroep Regionaal Geohydrologisch Onderzoek in de Provincie Drenthe - WRD, 1978). De kartering van deze gebieden is daarom zelf ter hand genomen, temeer omdat op deze wijze aansluiting wordt verkregen met de kartering, die Vissers et al (1985) voor de overige pleistocene zandgebieden van Nederland hebben uitgevoerd. Bij de kartering zijn naast infiltratie- en kwelgebieden tevens gebieden gekarteerd, die ten aanzien van de ondiepe grondwaterstroming slechts geringe samenhang vertonen met de omgeving (hydrologisch geïsoleerde gebieden). In de hydrologisch geïsoleerde gebieden is door de intensieve oppervlaktedrainage de afstroming van het ondiepe grondwater voornamelijk naar de sloten gericht. Via een met de drainagebasis verbonden stelsel van waterlopen staan de hydrologisch geïsoleerde gebieden in relatie met de kwelgebieden.
Binnen de hydrologisch geïsoleerde gebieden en infiltratiegebieden zijn grondwaterscheidingen bepaald. Hydrologische relaties via ondiep grondwater bestaan alleen tussen kwel-

gebieden en de stroomopwaarts hiervan gelegen infiltratiegebieden tot aan de grondwaterscheiding (voedingsgebieden). De ligging van de grondwaterscheiding is van groot belang voor berekening van de mogelijke toekomstige belasting van het grondwater in de infiltratiegebieden door overdosering van meststoffen, omdat alleen de mestoverschotten binnen het stroomgebied, de ecosystemen in de kwelzones die hiervan deel uitmaken kunnen beïnvloeden.
Grondwaterwinningen kunnen zowel gelegen zijn in infiltratie- als in kwelgebieden. In deze studie worden de winningen opgevat als een gesloten hydrologisch systeem, waarbij het intrekgebied wordt opgevat als infiltratiegebied voor het puttenveld. In deze studie worden alleen freatische winningen beschouwd.

Onder verwijzing naar Vissers et al (1985), wordt in dit hoofdstuk de gehanteerde karteringsmethode slechts summier behandeld. Meer uitgebreid wordt ingegaan op de uitkomsten van de kartering met betrekking tot de mogelijkheid, waarin (mest)stoffentransport door grondwaterstroming op kan treden in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën. Tevens zal de kartering van de natuurgebieden worden besproken.
De resultaten van de kartering zijn weergegeven in kaartbijlage 1.

2.2. HYDROLOGISCHE INDELING VAN HET NOORDELIJK ZANDGEBIED EN DE VEENKOLONIEN

2.2.1. METHODIEK

Kaarten van de ligging van kwel- en infiltratiegebieden, alsmede van hydrologisch geïsoleerde gebieden, zijn van het studiegebied niet voorhanden. Bestaande thematische kaarten bevatten soms kaarteenheden, waaraan direkt of indirekt informatie betreffende de ontwateringstoestand kan worden ontleend. De ontwaterinstoestand binnen die eenheden hangt nauw samen met het optreden van kwel, infiltratie of stagnatie van ondiep grondwater.
Gebieden waar zich deze hydrologische omstandigheden voordoen worden steeds gekenmerkt door meerdere van de volgende eigenschappen:

kwelgebieden:
- de grondwaterstroming bevat een opwaarts gerichte component;
- dicht afwateringsstelsel;
- ligging in de laagste terreindelen nabij de ontwateringsbasis en in zones grenzend aan hoge gronden;
- ondiepe grondwaterstanden;
- geringe fluctuaties in de grondwaterstand gedurende het jaar;

infiltratiegebieden:
- de grondwaterstroming bevat een neerwaarts gerichte component;
- weinig of geen watergangen (ondergrondse afvoer van het neerslagoverschot);

- ligging op de middelhoge en hoge zandgronden;
- relatief diepe grondwaterstanden;
- aanwezigheid van een grondwaterscheiding;
- matig tot goed doorlatende ondergrond, eventueel met keileem voorkomens op enige diepte;

hydrologisch geïsoleerde gebieden:

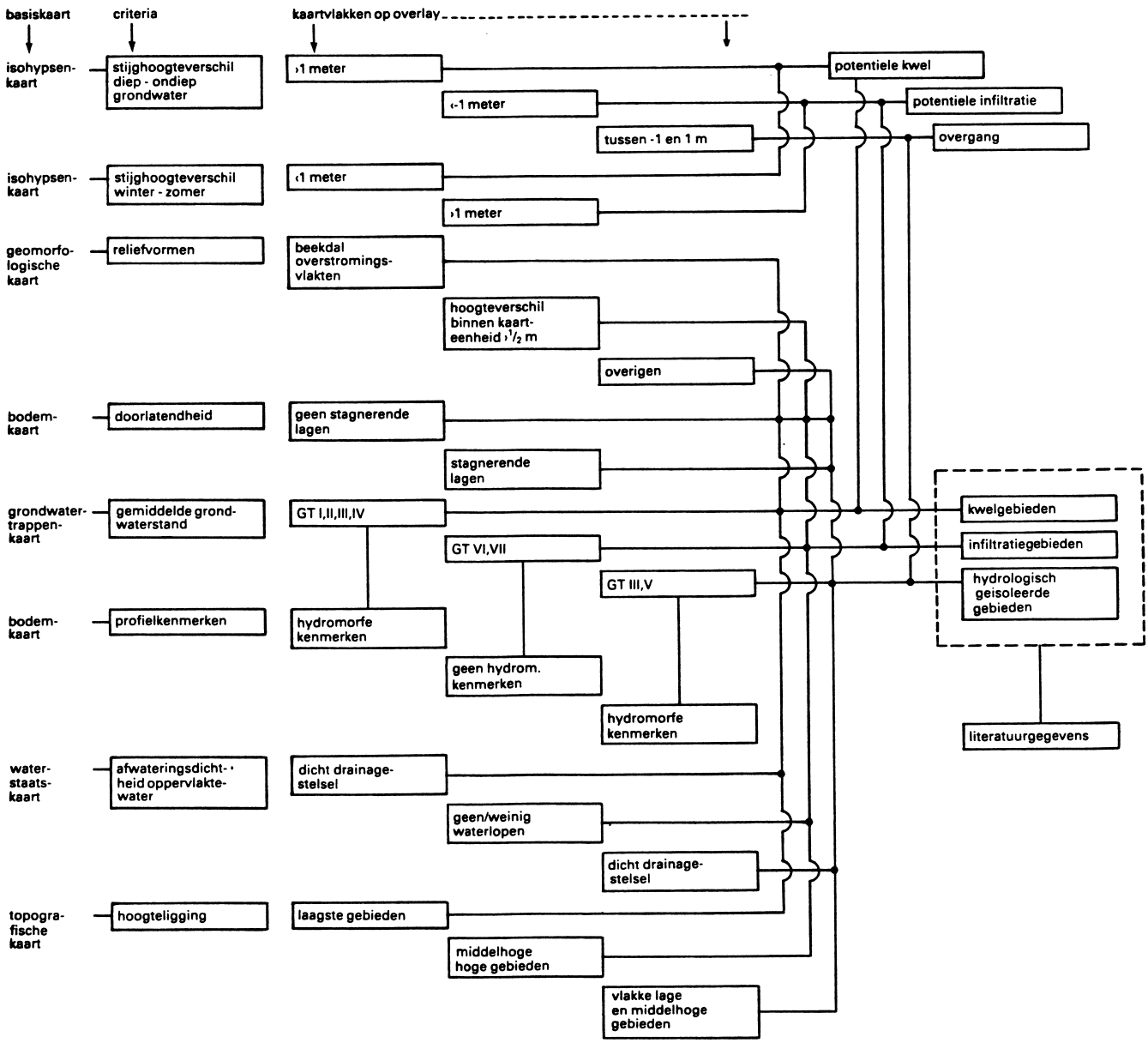
- geringe vertikale grondwaterafstroming;
- relatief dicht ontwateringsstelsel;
- ligging in de laagste terreindelen met of zonder een slecht doorlatende laag, en op de middelhoge en hoge zandgronden met slecht doorlatende lagen binnen enkele meters beneden maaiveld;
- hoge grondwaterstanden gedurende natte perioden;
- sterk fluctuerend grondwatervlak gedurende het jaar.

De genoemde eigenschappen zijn weergegeven op, of kunnen worden afgeleid van de volgende thematische kaarten:

- ishypsenkaart (Dienst Grondwaterverkenning-TNO, Rijksinstituut voor drinkwatervoorziening);
- bodem- en grondwatertrappenkaart (Stichting voor Bodemkartering);
- geomorfologische kaart (Rijks Geologische Dienst; Stichting voor Bodemkartering);
- geologische kaart (Rijks Geologische Dienst);
- waterstaatskaart (Rijkswaterstaat).

Figuur 7 geeft een overzicht van de hydrologische informatie welke aanwezig is op de genoemde kaarten en hoe deze is gebruikt bij de kartering van kwel- infiltratie- en hydrologisch geïsoleerde gebieden. Als aanvulling op deze figuur wordt hier vermeld, dat de geologische kaart informatie heeft verschaft over het voorkomen en de verspreiding van keileem.
Van de thematische kaarten is de relevante hydrologische informatie, eventueel na bewerking, overgenomen op overlay (1: 50. 000).
Aan de kaartvlakken op de overlays is per thema een hydrologische situatie toegekend. Na integratie van alle kaartvlakken is overgegaan tot een definitieve classificatie van kwel-, infiltratie- en hydrologisch geïsoleerde gebieden. Daarbij is de topografische kaart (1: 50. 000) als ondergrond gebruikt en zijn literatuurgegevens geraadpleegd (Bos, 1958; Bots et al, 1978; Gischler, 1967; Hagen, 1975; Koopman et al, 1986; Provinciale Waterstaat van Drenthe, 1985; Rijkswaterstaat, 1965; Waterleidingmaatschappij Drenthe, 1982; WRD, 1978).
Uit het onderzoek is gebleken dat de volgende criteria kunnen worden gebruikt bij de indeling en afgrenzing van de hydrologische eenheden:

Figuur 7: Werkschema classificatie hydrologische eenheden



- kaartvlakken met ondiepe grondwaterstanden (grondwatertrap I, II, III) wijzen op kwel en/of stagnatie van grondwater.

Voor deze kaartvlakken geldt dat:

. kwel optreedt in beekdalen, zones aan de rand van hoge zandgronden en in gedraineerde laagten waar geen ondoorlatende lagen in het bodemprofiel voorkomen.
. stagnatie optreedt op middelhoge en hoge zandgronden met slecht doorlatende lagen, in vlakke laaggelegen zandgronden met een dicht afwateringsstelsel en/of slecht doorlatende lagen (hydrologisch geïsoleerde gebieden).

- kaartvlakken met grondwatertrap IV wijzen op relatief ondiepe grondwaterstanden met geringe fluctuaties als gevolg van kwel en/of peilbeheersing.

Voor deze kaartvlakken geldt dat:

. kwel optreedt aan de grenzen van de hoge zandgronden en in gebieden waar ten opzichte van de omgeving diepe ontwatering wordt nagestreefd.
. stagnatie optreedt in vlakke laaggelegen zandgronden met een dicht drainagestelsel.

- kaartvlakken met grondwatertrap V wijzen op sterk fluctuerende grondwaterstanden, veroorzaakt door stagnatie en/of het afwisselend voorkomen van kwel of infiltratie.

Voor deze kaartvlakken geldt dat:

. stagnatie optreedt op de middelhoge en hoge zandgronden met slecht doorlatende lagen in de ondergrond en in lage vlakke zandgronden met een dicht drainagestelsel
. afwisselend kwel en infiltratie kan optreden op de overgang van hoge naar lage gronden, waar in het natte seizoen de afwatering is belemmerd.

- kaartvlakken met grondwatertrap VI en VII wijzen op relatief diepe grondwaterstanden. Op de zandgronden betreft dit steeds infiltratiegebieden. In het Noordelijk Zandgebied kan in de ondergrond keileem voorkomen. In tegenstelling tot de kaartvlakken met grondwatertrap V is de belemmering van de vertikale grondwaterafstroming echter veel geringer.

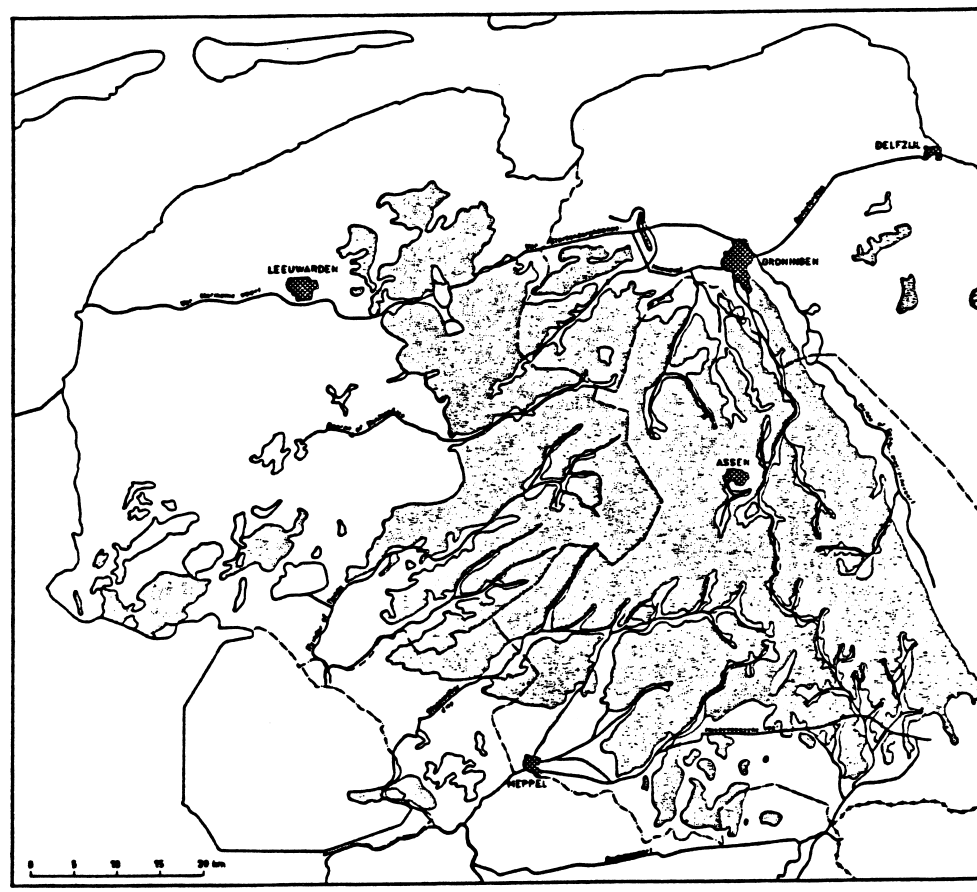
De Waterstaatskaart is voor het gehele studiegebied voorhanden. Van de overige gebruikte thematische kaarten zijn niet alle bladen verschenen. Van de bodem- en grondwatertrappenkaart zijn de bladen 12W, 16WO, 21WO en 22WO nog niet verschenen. Van deze gebieden is zoveel mogelijk gebruikt gemaakt van grondwatertrappenkaarten uit ruilverkavelingsonderzoeken. Niet van alle delen van het studiegebied is zodoende een gebiedsdekkende kaart te vervaardigen. Om voor de overige delen een indruk te krijgen van de waterhuishouding, zijn de beschikbare geomorfologische kaarten (17WO + 18, 22WO + 23) en geologische kaarten (10WO, 16O, 17WO) gebruikt. Voor de kaartbladen 12W en 21W is verder gebruik gemaakt van oude topografische kaarten (1880 - 1895, schaal 1: 25.000). Deze kaarten zijn vergeleken met gebieden met een vergelijkbare waterhuishouding en waarvan wel de overige kaarten beschikbaar zijn. Na deze vergelijking zijn de overige delen van het studie-

gebied ingedeeld naar het optreden van kwel, infiltratie en stagnatie van ondiep grondwater.

2. 2. 2. DE VERSPREIDING EN INVLOED VAN KEILEEM

In tegenstelling tot de overige pleistocene zandgebieden van Nederland wordt het Noordelijk Zandgebied gekenmerkt door het over grote oppervlakten voorkomen van keileem in de vorm van een plateau (figuur 8) en bedekt door een laag dekzand van wisselende dikte.

Figuur 8: Verbreiding van keileem nabij de oppervlakte op het Fries-Drents Plateau



Bron: van Heuveln, 1965

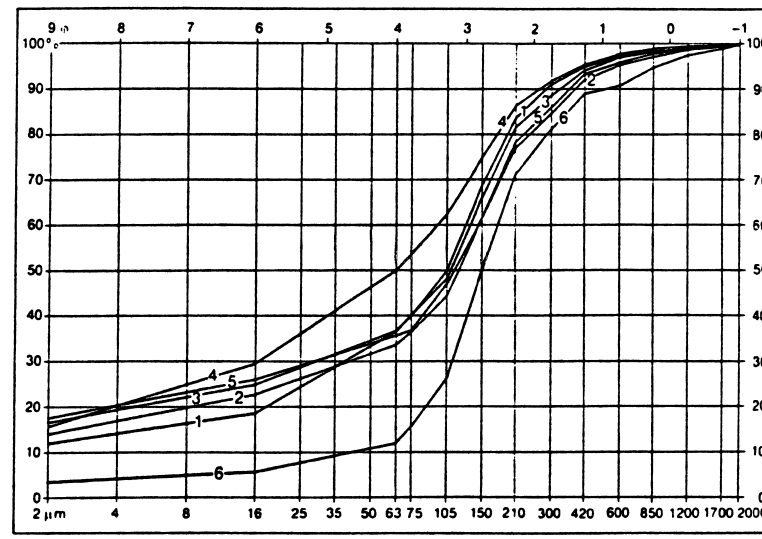
Keileem is een afzetting met een heterogene samenstelling, die is veroorzaakt door de glaciale herkomst van het materiaal (grondmoraine). Ter illustratie is in figuur 9 de korrelgrootteverdeling van een aantal keileemmonsters weergegeven. De Rijks Geologische Dienst onderscheidt op grond van kleur en lithologie een drietal keileemtypen (Ter Wee, 1979):

- grijze keileem, met een leemgehalte (fractie 2-63 μ) van 25-35%;

- donkergrijze tot zwart-grijze keileem met een leemgehalte van 25-35%. Dit type keileem wordt slechts daar aangetroffen, waar het keileempakket voldoende dik is ontwikkeld en bevindt zich altijd onder de grijze keileem;
- karmijnrode keileem. Dit type keileem heeft een leemgehalte van 60-70% en ligt in schollen op de grijze keileem.

De Stichting voor Bodemkartering onderscheidt slechts 2 typen: de grijze en rode keileem. De twee typen komen overeen met de hierboven beschreven typen grijze en karmijnrode keileem. De grijze keileem komt het meest veelvuldig voor, de overige typen slechts plaatselijk. In de toelichting bij de Bodemkaart van Nederland (diverse bladen) worden enkele vindplaatsen van rode keileem vermeld.
De keileem, die gedurende de Saale-ijstijd is afgezet, is gedurende het Eemien sterk verweerd en gedurende het Weichselien (tot 15 a 20m diepte) versneden, verspoeld en verwaaid. In het algemeen ontbreekt daardoor de keileem in de beekdalen (figuur 8; Ter Wee, 1966, 1976, 1979). Aan de voet van de hellingen is erosiemateriaal afgezet, meestal in de vorm van fijne zanden (keizand), in bekkens ook in de vorm van leem (beekleem). De dikte van de keileem varieert van 0 tot 20m.

Figuur 9: Korrelgrootteverdeling van de grondmoraine: de samenstelling van zes monsters



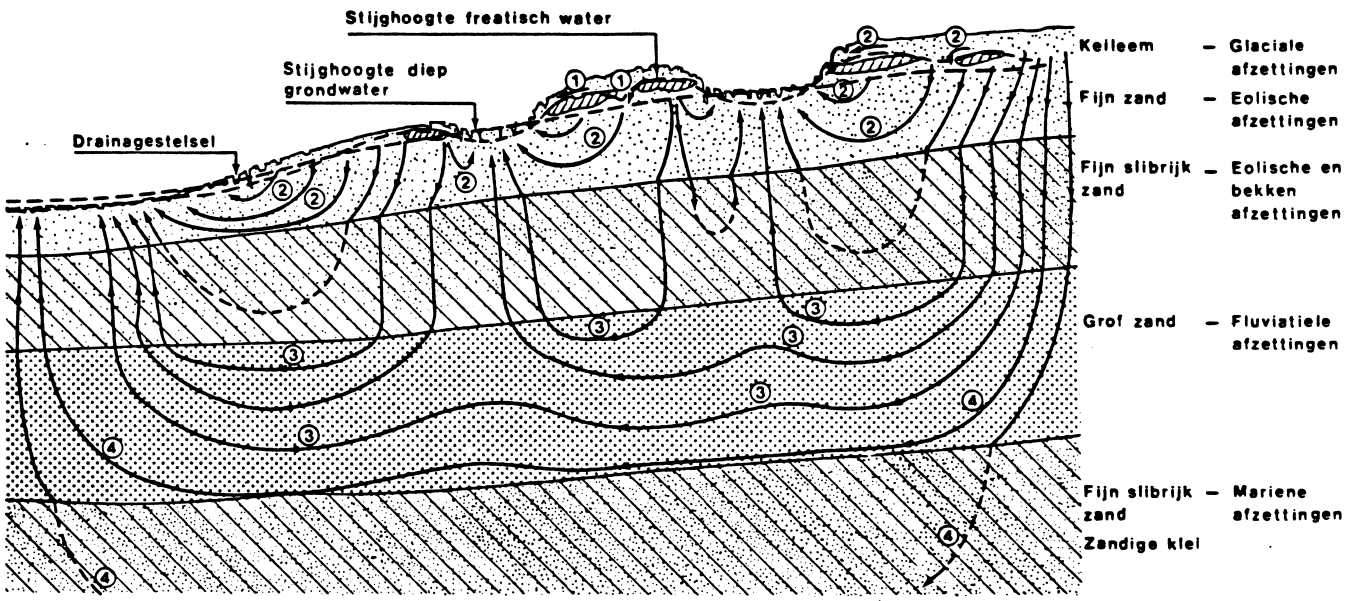
monster 1: boring 17A-39
monster 2: boring 17B-95
monster 3: boring 17C-93
monster 4: boring 17D-27
monster 5: boring 545/252-10
monster 6: boring 17G-42

Bron: Ter Wee, 1979

Vanwege de samenstelling wordt aan de keileem in het algemeen een geringe doorlatendheid toegeschreven. De weerstand tegen verticale grondwaterstroming zal, op grond van de sterk wisselende samenstelling en dikte, echter een grote variatie vertonen.

De invloed van de keileem op de stroming van het ondiepe grondwater is om al deze redenen nauwelijks eenduidig vast te stellen. Vast staat, dat ook in de ondiepe ondergrond van infiltratiegebieden keileem voor kan komen. In deze gebieden zal daardoor de vertikale afstroming van het grondwater in zekere mate worden beïnvloed en de infiltratie van grondwater naar diepere pakketten kleiner zijn dan in de infiltratiegebieden in de overige zandgebieden. Ter plaatse van onderbrekingen in de keileemafzettingen zijn de infiltratiegebieden van het Noordelijk Zandgebied volkomen identiek aan de infiltratiegebieden elders. Een en ander betekent, dat in het Noordelijk Zandgebied het ondiepe grondwater gemiddeld over geringere diepten, en daardoor sneller, zal worden afgevoerd naar de drainagebasis.
Het ontbreken van de keileem in de beekdalen heeft tot gevolg dat in de kwelgebieden grondwater wordt aangevoerd dat deels over de keileem tot afstroming is gekomen (en daardoor relatief veel verontreinigingen bevat) en deels van grotere diepte (onder de keileem) afkomstig is, zonder dat dit water direkt tot het diepe grondwater moet worden gerekend (figuur 10). Dit diepere grondwater zal in het algemeen relatief weinig verontreinigingen bevatten. In de kwelzone zullen beide typen in principe gescheiden blijven, maar vooral in de drainagegangen kan menging van beide grondwatertypen optreden. De omvang van beide kwelzones is afhankelijk van de hoeveelheid water die door elk type

Figuur 10: Schematische doorsnede van de ondergrond van Drenthe met grondwaterstroombanen



VERKLARING:

Afstroming van het neerslagoverschot:

① Snelle afstroming over de keileem naar de beekdalen

② Betrekkelijk snelle afstroming door de ondiepe fijne zandlagen naar de beekdalen

③ Diepe afstroming door de grove zandlagen

④ Langzame en zeer diepe afstroming langs en door de mariene lagen

Bron: WRD, 1978

wordt aangevoerd. Omdat dit locaal zal verschillen is geen onderscheid gemaakt tussen de beide typen en zijn de kwelgebieden als een geheel aangegeven.
Bij de kartering van het voorkomen en de verspreiding van de keileem is gebruik gemaakt van de geologische kaart 1: 50. 000, de bodemkaart 1: 50. 000 en de "keileem- en beekleemkaart van Drenthe", schaal 1: 100. 000 (PW van Drenthe, 1985). De keileem is, vanwege de grote, doch sterk wisselende invloed op de grondwaterstroming apart op kaartbijlage 1 weergegeven.

2. 2. 3. STROOMGEBIEDEN

Om de ruimtelijke samenhang tussen kwel- en infiltratiegebieden te kunnen beschrijven, dient de omvang van het gehele voedingsgebied dat de kwelzone van ondiep grondwater voorziet, bekend te zijn. De grens van het voedingsgebied wordt gevormd door de waterscheiding. De afstroming van het ondiepe grondwater is vanaf de waterscheiding naar de ontwateringsbais gericht. De ontwateringsbasis van het ondiepe grondwater wordt gevormd door een watergang, waarop de aangrenzende gronden en waterlopen afwateren. De ontwateringsbasis komt meestal in de kwelzone voor. Het kwelgebied en het bijbehorende voedingsgebied vormen samen een stroomgebied van ondiep grondwater.
De stroming van het ondiepe grondwater is gesuperponeerd op de afstroming in diepere pakketten en staat sterk onder invloed van de drainagegangen. Hierdoor bestaan er diverse waterscheidingen en ontwateringsbases voor ondiep grondwater, die door het diepe grondwater worden gepasseerd.
De afstroming in de diepere pakketten wordt wordt voornamelijk beïnvloed door de rivieren en enkele grotere beken (en lokaal door drinkwaterwinningen). het ondiepe grondwater in de direkte omgeving van deze diepe ontwateringsbases zal eveneens hiernaar afstromen.
De waterscheiding van het ondiepe grondwater bevindt zich meestal in de hoogste terreindelen. De ligging kan echter sterk worden beïnvloed door het drainagestelsel. In gebieden met waterlopen is de ondiepe grondwaterscheiding afgeleid uit de waterstaatskaart, de grondwatertrappenkaart en de topografische kaart. Hierbij zijn de volgende aannamen gedaan:

1. In vlakke gebieden met een dicht ontwateringsnet komt de ondiepe grondwaterscheiding overeen met de grens tussen afwaterinseenheden. Deze grens is van de waterstaatskaart overgenomen. Afwateringseenheden van beperkte omvang, die op dezelfde hoofdwatergang afwateren (gelegen binnen een aaneengesloten kwelzone), zijn samengevoegd.
2. Op de middelhoge en hoge zandgronden (dekzandruggen, dekzandplateaus) tussen de ontwateringsbases, bevindt de waterscheiding zich tussen de waterlopen die in tegengestelde richting afwateren. De ligging is veelal gekoppeld aan de hoogste terreindelen.
3. Stuwen oefenen slechts een lokale invloed uit op de afstroming van het ondiepe grondwater (Bon, 1971). Met de aanwezigheid van stuwen is geen rekening gehouden.

In aaneengesloten infiltratiegebieden van de hoge zandgronden (zoals de Hondsrug) waar drainagegangen nagenoeg ontbreken, is de waterscheiding afgeleid uit de isohypsenkaart. De waterscheiding bevindt zich ter plaatse van de buigpunten van de isohypsen. Indien de ligging van de isohypse onbetrouwbaar is als gevolg van een geringe puntdichtheid, zijn de hoogste terreindelen als waterscheiding aangehouden.

2.2.4. WATERWINGEBIEDEN

De selectie van de pompstations is gebaseerd op de classificatie van het RIVM (Van Duijvenbooden en Busz, 1978). Pompstations die voldoen aan een van de volgende criteria zijn bij het onderzoek betrokken:
- het onttrokken grondwater is geheel afkomstig van een freatisch watervoerend pakket
- het onttrokken grondwater is zowel afkomstig uit een freatisch watervoerend pakket en uit het onderliggend watervoerend pakket, dat hiervan is gescheiden door een matig slecht doorlatende laag (semi-spanningswater)
- het grondwater wordt onttrokken uit een watervoerend pakket, waarvan de afdekkende laag een wisselende dikte en omvang heeft en lokaal afwezig kan zijn (keileem en/of beekleem).

Aan deze criteria voldoen 9 pompstations, ofwel 33% van het totale aantal in het studiegebied.
Voor de omvang van het intrekgebied is uitgegaan van de zogenaamde 25-jaarszone van het pompstation. De isochroon van 25 geeft de maximum tijd in jaren weer, die het grondwater in het watervoerend pakket via horizontale stroming nodig heeft om het onttrekkingspunt te bereiken. Binnen de 25-jaarszone worden maatregelen ter bescherming van de drinkwaterkwaliteit toegepast (Commissie Bescherming Waterwingebieden (CBW), 1980). Als zodanig heeft de instelling van deze grens meer een juridisch-economisch karakter.
Het werkelijke intrekgebied van het pompstation kan aanmerkelijk groter zijn dan de 25-jaarszone. Nadere gegevens hieromtrent ontbreken echter, zodat met de 25-jaarszone is volstaan. Binnen de intrekgebieden is de grondwaterbeweging naar het puttenveld gericht. De intrekgebieden zijn als infiltratiegebieden geclassificeerd en kunnen als aparte stroomgebieden worden beschouwd.
De wateronttrekkingen door de industrie en de landbouw zijn niet in kaart gebracht. Gebleken is, dat gegevens hiervan niet systematisch en bovendien zeer onvolledig zijn opgetekend.

2.3. KARTERING VAN NATUURGEBIEDEN

Uit de ligging van de natuurgebieden binnen de onderscheiden hydrologische eenheden kan de ruimtelijke samenhang met cultuurgronden worden afgeleid en kan een beeld worden verkregen van de potentiele effecten van de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater. Daarom zijn in kaartbijlage

1 naast de hydrologische eenheden ook natuurgebieden weergegeven.
Onder natuurgebieden worden alle ecosysteemtypen verstaan, die worden aangeduid met algemene uiterlijke kenmerken van begroeiing (heide, naaldbos, loofbos, gemengd bos) of kenmerken van beheer (onbemeste graslanden) of van het milieu-type stuifzand, vennen en plassen (STOM, 1983). De natuurgebieden die op de hydrologische eenheden-kaart zijn weergegeven, zijn overgenomen van de topografische kaart 1:50.000 (1977 - 1986). Het betreft de eenheden loofhout, naaldhout, heide, kreupelhout en zand. Gegevens omtrent de ligging van onbemeste graslanden zijn verstrekt door de Rijksplanologische Dienst. Deze terreinen hebben, in tegenstelling tot de overige natuurgebieden, alle een reservaat-status en zijn in eigendom van de overheid of particuliere organisaties. Daar deze gebieden maximaal enkele hectaren groot zijn, maar in ecologisch opzicht zeer waardevol (grote diversiteit aan plantengemeenschappen die gebonden zijn aan voedselarme milieus), zijn deze met een ster-symbool op de kaart weergegeven.

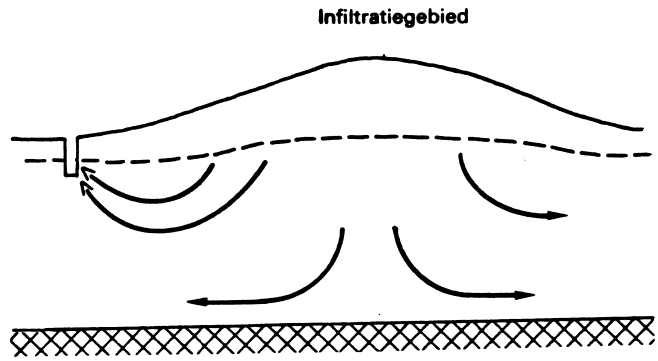
2.4. RESULTATEN VAN HET HYDROLOGISCH ONDERZOEK

2.4.1. BESCHRIJVING VAN DE HYDROLOGISCHE EENHEDEN

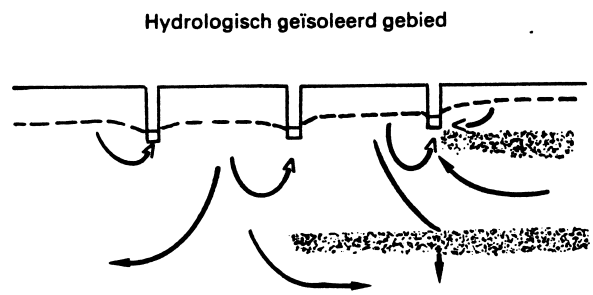
De onderscheiden hydrologische eenheden kunnen ten aanzien van de stroming van het ondiepe grondwater als volgt worden omschreven (zie figuur 11):

- Kwelgebieden
  Het grondwater in de kwelgebieden heet een opwaarts gerichte stromingscomponent. Hierdoor kan het grondwater tot relatief dicht onder het maaiveld toestromen, alvorens door sloten te worden afgevoerd. Door de aanwezigheid van drainagegangen reikt de kwelstroom veelal niet meer tot het maaiveld. Een deel van het water wordt direkt door de sloten opgevangen. Op plaatsen waar de keileem dagzoomt, worden twee typen grondwater aangevoerd. Onder aan de dalhelling stroomt grondwater toe dat over de keileem tot afstroming is gekomen. In de dalbodem stroomt water toe dat door de keileem is gepercoleerd en daardoor over grotere diepte tot afstroming is gekomen. In de drainagegangen zal menging van beide watertypen optreden.
  In kwelgebieden komt het grondwater gedurende het gehele jaar op geringe diepte beneden maaiveld voor. Lokaal gevallen neerslag zal, afhankelijk van de omvang van de kwelstroom, slechts enkele meters kunnen infiltreren alvorens het door het drainagestelsel wordt afgevoerd. Hierdoor zullen stoffen die ter plaatse naar het grondwater uitspoelen alleen de bovenste meters van het watervoerend pakket kunnen verontreinigen. Verontreiniging van het diepere grondwater kan het gevolg zijn van aanvoer van stoffen vanuit stroomopwaarts gelegen gebieden. Indien relatief veel water over de keileem toestroomt zal ook deze aanvoer van stoffen naar verhouding groot zijn. Door de opwaartse stro-

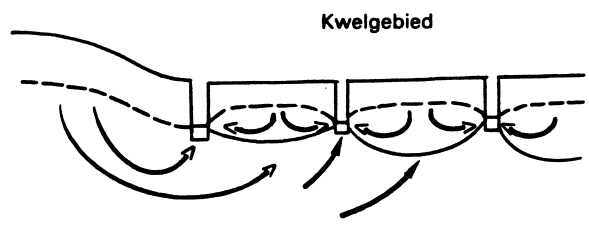
Figuur 11: Schematisch stromingspatroon van het grondwater binnen de onderscheiden hydrologische eenheden



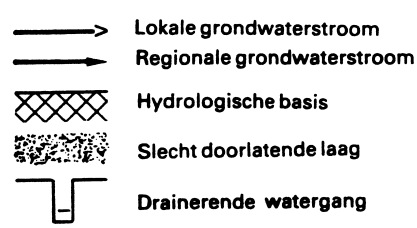
Horizontale schaal ca. 1:5000 à 1:500.000
Vertikale schaal ca. 1:500 à 1:5000



Horizontale schaal ca. 1:5000
Vertikale schaal ca. 1:100 à 1:500



Horizontale schaal ca. 1:5000
Vertikale schaal ca. 1:100 à 1:300



mingscomponent van het grondwater en de ondiepe grondwaterstanden kunnen deze stoffen tot in de bovengrond terecht komen en vandaar worden opgenomen door de wortels van grondwaterafhankelijke plantesoorten.

- Infiltratiegebieden
  Het grondwater in de infiltratiegebieden heeft een neerwaarts gerichte stromingscomponent. Afhankelijk van het voorkomen van keileem, en de diepte, dikte en doorlatendheid ervan zal het neerslagoverschot met de daarin opgeloste stoffen meer of minder diep in deondergrond doordringen, waardoor ook het grondwater op grotere diepte wordt verontreinigd. De maximale infiltratiediepte is, bij afwezigheid van keileem, afhankelijk van de dikte van het watervoerend pakket en de afstand tot de drainagebasis. De verblijftijd van het grondwater in het watervoerend pakket wordt zowel bepaald door het voorkomen van keileem (waardoor een deel van het grondwater via relatief ondiepe stroombanen zal worden afgevoerd), als door de lengte van de afgelegde weg en de doorlatendheid van de doorstroomdebodemlagen worden bepaald. De verblijftijd kan varieren van enkele jaren (dekzandruggen) tot enkele tientallen jaren (in de hogere delen van het Noordelijk Zandgebied bij afwezigheid van keileem). Naarmate het watervoerend pakket grover van samenstelling wordt, zullen bij toenemende afvoer van de ontwateringsbasis (bijvoorbeeld bij beekverbeteringen) verontreinigingen sneller worden verplaatst.

- Hydrologisch geïsoleerde gebieden
  Binnen de hydrologisch geïsoleerde gebieden is de grondwaterstroming door het relatief dichte drainagestelsel voor het grootste gedeelte naar de waterlopen gericht. De infiltratiediepte van het neerslagoverschot en de daarin opgelostestoffen blijft hierdoor veelal beperkt tot enkele meters. Indien op geringe diepte slecht doorlatende lagen voorkomen, zal het grondwater hierover afstromen in de richting van sloten en beken. Aanvulling van het diepere grondwater vanuit de bovengrond zal hierdoor slechts in geringe mate optreden.
  Deze gebieden hebben van nature een slechte ontwatering als gevolg van hun lage ligging en geringe reliefverschillen, gering doorlatend vermogen van de ondergrond of voorkomen van weerstand biedende lagen binnen enkele meters beneden maaiveld.
  Op grotere afstand van de waterlopen en bij het ontbreken van storende lagen kan de infiltratiediepte verder toenemen en zal ook het diepere grondwater gevoed worden met het lokale neerslagoverschot. In droge perioden kan het grondwatervlak zover dalen, dat de sloten geen water meer afvoeren. Afstroming van grondwater vind onder deze omstandigheden plaats via de diepere ondergrond, waardoor deze gebieden tijdelijk sterke gelijkenis vertonen met infiltratiegebieden. De verblijftijd in het ondiepe grondwater is, afhankelijk van de dichtheid van het ontwateringsnet, een tot enkele jaren. In niet kunstmatig gedraineerde gebieden

(natuurterreinen) met stagnerende lagen is de verblijftijd groter. Door de belemmerde ontwatering hebben deze gebieden in natte perioden hoge tot zeer hoge grondwaterstanden.
Ruimtelijke relaties met kwelgebieden verlopen voornamelijk via het oppervlaktewater. Het neerslagoverschot met uitgespoelde stoffen wordt via een stelsel van waterlopen uit deze gebieden afgevoerd naar de hoofdwatergang. Door inundatie kunnen deze stoffen natuurgebieden in kwelzones verontreinigen.

De begrenzing van de hydrologische eenheden zal gedurende het jaar verschuiven. Na perioden met neerslagoverschotten zullen de kwel- en hydrologisch geïsoleerde gebieden in omvang toenemen. In perioden van droogte daalt de grondwaterstand, waardoor in delen van de kwel- en hydrologisch geisoleere gebieden infiltratie kan optreden.

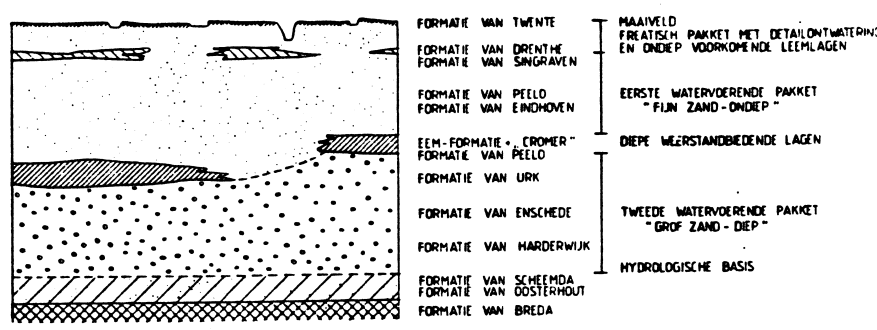
Kaartbijlage 1 geeft een ruimtelijk overzicht van de hydrologische eenheden in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën. Op de kaart zijn tevens de ontwateringsbases, waterscheidingen an natuurgebieden weergegeven. Hierdoor is het mogelijk een eerste indruk te verkrijgen van de risico's die natuurterreinen, gelegen in kwelzones kunnen lopen door de toestroming van met meststoffen belast grond- en oppervlaktewater uit nabijgelegen herkomstgebieden met intensief agrarisch landgebruik.
Natuurgebieden in kwelzones die grenzen aan een gebied waar infiltratie optreedt en cultuurgonden aanwezig zijn, kunnen rechtstreeks in hun functioneren worden bedreigd. Indien beiden gescheiden worden door een hydrologisch geïsoleerd gebied zal eutrofiëring in mindere mate optreden vanwege de langere verblijftijden van het verontreinigde grondwater in het watervoerend pakket. Hierdoor kunnen processen, die de nutriëntenbelasting kunnen beïnvloeden meer effect sorteren. Bovendien is dit grondwater, dat van grotere diepte opkwelt, van nature minder belast met stoffen. Uit de hydrologisch geïsoleerde gebieden kan indirect, via het oppervlaktewater, eutrofiëring plaatsvinden. Daar deze gebieden gevoelig zijn voor de afspoeling van meststoffen over het maaiveld, kunnen ook rechtstreeks, met name aan de randen van aangrenzende natuurgebieden, ernstige verontreinigingen plaatsvinden.

2.4.2. HYDROLOGISCHE KENMERKEN VAN HET NOORDELIJK ZANDGEBIED EN DE VEENKOLONIEN

In hydrologisch opzicht is het studiegebied in twee hoofdeenheden te verdelen: het Drents Plateau en het gebied van de Veenkoloniën.
Het Drents Plateau is een zeer vlak gebied dat haar hoogste punt bereikt in de omgeving van Emmen (25m +NAP) en vandaar uit in noordelijke en westelijke richting flauw afhelt en uiteindelijk wegduikt onder de zeekleigebieden van Groningen en Friesland. In het oosten wordt het Drents Plateau scherp begrensd door het oerstroomdal van de Hunze, in het zuiden door het oerstroomdal van de Vecht. Kenmerkend voor

dit gebied is een min of meer radiaal afstromingspatroon van de beken (vanuit het zuid-oosten) in noordelijke en westelijke richtingen. Het Drents Plateau vormt een hydrologische eenheid. Slechts 3.5% van de netto-neerslag stroomt ondergronds af tot buiten het gebied. De rest (96.5%) wordt afgevoerd door het lokale afwateringsstelsel (beken).
Daarnaast is in hydrologisch opzicht het op uitgebreide schaal voorkomen van keileem in dit gebied van bijzondere betekenis, vanwege de grote invloed op de ontwatering en het afstromingspatroon van het ondiepe grondwater (zie paragraaf 2.2.2.).
De ondergrond van het Drents Plateau bestaat uit 3 watervoerende pakketten, die van elkaar worden gescheiden door slecht doorlatende lagen (figuur 12). Op de (vele) plaatsen waar de scheidende lagen ontbreken is in feite sprake van een (freatisch) watervoerend pakket. De hydrologische basis wordt gevormd door Tertiaire kleiige formaties (Formaties van Breda, Scheemda en Oosterhout) op ca 100-150m -NAP. Het bovenliggende tweede (diepe) watervoerend pakket bestaat uit grove rivierzanden van de Formaties van Harderwijk, Enschede en Urk. De scheidende laag tussen het tweede en eerste (ondiepe) watervoerend pakket is eigenlijk alleen in de omgeving van Hoogeveen van betekenis (PW van Drenthe, 1985) en bestaat uit kleiïge afzettingen uit het Eemien. In het Noordelijk deel van het gebied is plaatselijk een scheidende laag aanwezig, die wordt gevormd door kleiige bekkensedimenten en geulopvullingen van de Formatie van Peelo (Zagwijn et al, 1975). Het eerste watervoerend pakket bestaat uit fijne zanden van de Formatie van Peelo en wordt afgedekt door de keileemafzettingen behorende tot de Formatie van Drenthe. De weerstand van de keileem tegen verticale stroming is afhankelijk van de dikte en doorlatendheid en loopt uiteen van 20-280 dagen (PW van Drenthe, 1985). Boven de keileem tenslotte bevindt zich de Formate van Twente, bestaande uit dekzandafzettingen van wisselende dikte (freatisch watervoerend pakket). De in deze studie beschouwde grondwaterstroming heeft uitsluitend betrekking op het freatisch en ondiepe watervoerend pakket.

Figuur 12: Schematisering van de ondergrond van Drenthe en indeling in watervoerende pakketten



Bron: PW van Drenthe, 1985

De belangrijkste infiltratiegebieden van het Drents plateau worden gevormd door de Hondsrug en de Havelterberg. De belangrijkste kwelgebieden liggen in het stroomgebieden van de Drentse Aa en de Hunze (WRD, 1978). Door de vlakke topografie, de flauwe helling van het gebied en de invloed van keileem nemen in westelijke richting de hydrologisch geïsoleerde gebieden een steeds belangrijkere plaats in, terwijl de infiltratiegebieden zich beperken tot steeds smallere zones rond de waterscheidingen tussen de beken.
De Veenkoloniën vormen een vlak, relatief laaggelegen gebied ten oosten en zuiden van het Drents Plateau. In dit gebied is eertijds door de gebrekkige waterafvoer op grote schaal veen gevormd. Door de uiterst systematische ontginning van dit gebied sinds omstreeks 1750 is de afwatering van het gebied sterk verbeterd, waardoor van de oorspronkelijke hydrografie weinig resteert. Het gebied wordt thans gekenmerkt door een lichtgolvend dekzandrelief afgewisseld met verveningsvlakten, die worden doorsneden door vele brede parallel-lopende wijken. De infiltratiegebieden in dit gebied beperken zich tot de dekzandruggen, die vooral in Groningse deel van het studiegebied voorkomen. De verveningsvlakten behoren, als gevolg van de intensieve drainage, tot de hydrologisch geïsoleerde gebieden. Kwel zal zich in vele gevallen tot de drainagegangen beperken. Het belangrijkste kwelgebied bevindt zich ter plaatse van het Hunzedal, waar vooral water uit de Hondsrug opkwelt.
De ondergrond van het Veenkoloniale gebied verschilt in zoverre van de ondergrond van het Drents Plateau, dat in het eerste gebied de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket een veel grotere verbreiding heeft. Deze laag bestaat uit mariene kleien uit het Eemien. In tegenstelling tot het Drents Plateau komt in de Veenkoloniën geen keileem voor. Deze is door erosie volledig verdwenen.

HOOFDSTUK 3. BELASTING VAN HET GROND- EN OPPERVLAKTEWATER MET NITRAAT EN FOSFAAT (PROCESSEN EN BEREKENINGSWIJZE)

3.1. INLEIDING

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op de processen, die van invloed zijn op de uitspoeling van nitraat als gevolg van een overdosering van meststoffen. De methodiek die is toegepast voor de kwantificering van de uitspoeling van deze stof en de hiermee samenhangende concentraties in het grondwater zal eveneens worden besproken.
Op grond van de aannamen, gedaan door Vissers et al (1985) in de studie naar de ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater in de overige pleistocene zandgebieden, is gebleken dat in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën binnen een termijn van 25 jaar geen fosfaatverzadiging van de bovengrond van cultuurgrond op zal treden. Omwille van de vergelijkbaarheid met deze studie zijn voor het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën geen andere aannamen gedaan en is de fosfaatconcentratie in het grondwater niet berekend. Op de uitspoeling van fosfaat en de processen die hierop van invloed zijn wordt daarom hier slechts zeer kort ingegaan.
Voor het bovenste (ondiepe) grondwater is derhalve alleen de gemiddelde nitraatconcentratie berekend. De mestoverschotten volgens milieu-hygiënische benadering, zoals die in 1983 en 1986 in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën aanwezig waren, liggen aan de berekening van deze belasting ten grondslag. Deze mestoverschotten zijn in principe beschikbaar voor uitspoeling en vormen zo een bedreiging voor de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater.
In de bodem treden processen op die de omvang van de nitraatuitspoeling kunnen beïnvloeden. Deze processen worden beschreven in paragraaf 3.2.
Aan de hand van aannamen betreffende de nitraatuitspoeling naar het ondiepe grondwater, is het mogelijk de nitraatconcentratie in het bovenste deel (de bovenste meter) van het freatisch grondwater te berekenen. Er is aangenomen, dat de hoeveelheid nitraat die met het neerslagoverschot uitspoelt, in zijn geheel het grondwater zal bereiken.

Vanuit de doelstelling van het onderzoek om te komen tot een beeld van de ruimtelijke effecten van bemesting op grondwaterafhankelijke natuurgebieden en waterwinningen, is de berekening van de belasting van het ondiepe grondwater per gemeente (basiseenheid van de mestoverschotberekeningen) niet toereikend. Daar in het onderzoek de verplaatsing van nitraat (en in principe ook van fosfaat) centraal staat, is de belasting van het grondwater per stroomgebied berekend. Hierbij wordt het stroomgebied beschouwd als een hydrologische eenheid, waarbinnen een volledige menging plaatsvindt van het grondwater dat in landbouwgebieden (belast met nutriënten) en natuurgebieden (vrijwel onbelast) is geinfiltreerd. Waterwinningen worden als aparte

stroomgebieden opgevat.
De onderscheiden stroomgebieden omvatten in het algemeen het grondgebied van meerdere gemeenten. Naast cultuurgrond bestaat dit grondgebied uit natuur, bebouwing, open water, wegen etc. De te berekenen belasting beperkt zich tot de bijdrage van stikstof uit cultuurgrond en natuurgebieden. Bebouwde gebieden zijn buiten beschouwing gelaten. Verwerking van de uitspoeling vanuit bebouwd gebied vereist aanvullend onderzoek, onder meer naar de effectiviteit van rioolstelsels.
Uitgaande van de gemiddelde nitraatconcentratie in het ondiepe grondwater wordt tevens de belasting van het oppervlaktewater in de ontwateringsbasis (hoofdwatergang) van het stroomgebied berekend. De resultaten van de berekeningen worden besproken in hoofdstuk 4 en zijn weergegeven in de kaartbijlagen 2 en 3.
Voor een toetsing van de resultaten van de beschreven methodiek aan resultaten van veldonderzoek wordt verwezen naar Vissers et al (1985) en De Wit et al (1987).

3. 2. NITRAAT IN ONDIEP GRONDWATER

3. 2. 1. ALGEMEEN

Stikstof afkomstig uit mest komt in de bodem terecht in de vorm van organische en anorganische verbindingen. Tot de belangrijkste anorganische verbindingen behoren nitraat (NO_3) en ammonium (NH_4). In de bodem vindt omzetting plaats van deze stikstofverbindingen. Onder aërobe omstandigheden zal het eindprodukt van deze omzettingen hoofdzakelijk uit nitraat bestaan (Krajenbrink, 1983; Scheffer und Schachtschabel, 1984). Onder anaërobe omstandigheden wordt nitraat gereduceerd tot allerlei gasvormige verbindingen, die uit de bodem zullen ontwijken (zie paragraaf 3. 2. 2.).
Nitraat wordt in de bodem vrijwel niet vastgelegd en spoelt met het (door de bodem) percolerende neeslagoverschot uit naar het grondwater. Belangrijk voor de hoeveelheid nitraat die uitspoelt, is de omstandigheid in hoeverre nitraat in de bodem wordt afgebroken als gevolg van denitrificatie. Daarom wordt in paragraaf 3. 2. 2. nader ingegaan op het proces van denitrificatie. Ook andere factoren en processen beïnvloeden de nitraatuitspoeling. Deze spelen in het algemeen slechts een ondergeschikte rol (zie Vissers et al, 1985: bijlage 7).

3. 2. 2. DENITRIFICATIE EN NITRAATUITSPOELING

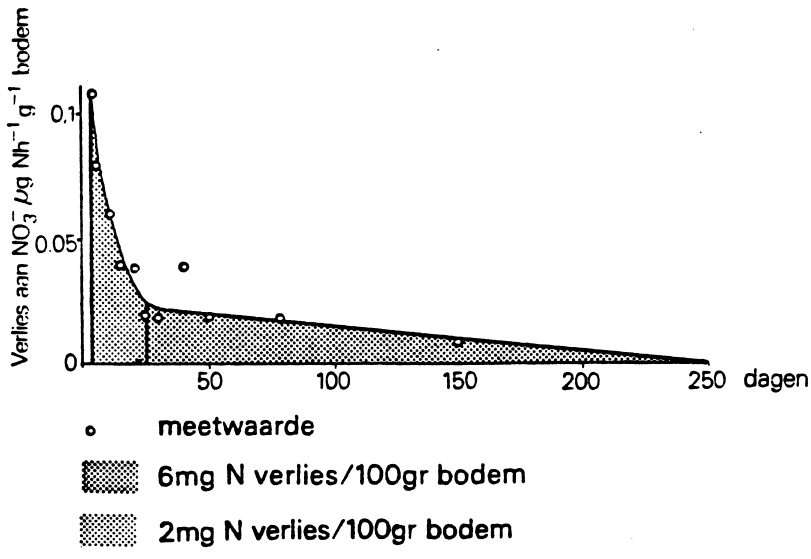
Denitrificatie is een biochemisch proces, waarbij nitraat wordt gereduceerd tot gasvormige stikstofverbindingen volgens de reeks (Day et al, 1978):

$$NO_3 \longrightarrow NO_2 \longrightarrow (NO) \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

Het optreden van dit proces is van diverse factoren afhankelijk en kan daardoor in ruimte en tijd sterk varieren. Denitrificatie treedt op onder anaërobe omstandigheden,

waarbij verschillende bacterie-soorten (koolstofheterotroof en chemo-autotroof), bij gebrek aan voldoende zuurstof en de daarmee samenhangende lage redox-potentiaal, zijn aangewezen op nitraat als elektron-acceptor bij de oxidatie van organische stof. De oxidatie van organische stof levert de energie voor de stofwisseling van deze organismen (Van der Kooy, 1984). Het ontbreken van afbreekbare organische verbindingen is daarmeen een voorname beperkende factor in dit proces (Cobussen, 1978; Steenvoorden, 1977, 1981; Kolenbrander, 1977; Krajenbrink, 1983; Day et al, 1978). Day et al (1978) toonden met behulp van kolomproeven aan, dat denitrificatie vooral optreedt gedurende de eerste 25 dagen na toediening van vers organisch materiaal (zoals dierlijke mest). Daarna neemt de denitrificatiesnelheid af, bij gebrek aan gemakkelijk afbreekbare organische verbindingen als koolhydraten en azijnzuur (figuur 13).

Figuur 13: Afname van nitraat-stikstof door denitrificatie als functie van de tijd op 12.5 cm diepte in een verzadigd bodemprofiel van zandige leem bij constante toevoer van 100 mg NO_3-N/l en een doorstroomsnelheid van 5.8 cm/dag



Bron: Day et al, 1978

Beneden de humushoudende bodemhorizonten treedt daarom nauwelijks nog denitrificatie op, waardoor de nitraatconcentratie in het grondwater nog nauwelijks zal veranderen. Eerst bij het passeren van organische stof-rijke lagen in de ondergrond kan de nitraatconcentratie van het grondwater verder afnemen. Daarnaast kan de nitraatconcentratie van het diepe grondwater afnemen in pyriet-houdende sedimenten bij lage redox-potentialen door de oxidatie van pyriet tot sulfaat die gepaard gaat met reductie van nitraat tot stikstofgas (Van Beek, 1984, 1987).

Hoge organische-stof gehalten en lage zuurstofspannigen in de bodem zijn gekoppeld aan de aanwezigheid van (grond)-

water en de doorlatendheid van de bodem. Bij ondiepe grondwaterstanden kunnen anaërobe omstandigheden hoog in het bodemprofiel voorkomen waar, door de geringe afbraak, het organische stofgehalte relatief hoog is. Een afname van de doorlatendheid gaat gepaard met langere verblijftijden van het neerslagoverschot in de bovengrond. Deze omstandigheden zijn bevorderlijk voor het optreden van denitrificatie (Steenvoorden, 1981). In droge gronden, opgebouwd uit grove afzettingen, is de mate van denitrificatie in de bovengrond daarentegen veel geringer (of zelfs volledig afwezig). Dit betekent dat de denitrificatiecapaciteit van de bodem in infiltratiegebieden aanzienlijk geringer is dan in de bodems van kwelgebieden en laaggelegen hydrologisch geïsoleerde gebieden.

Door de grote ruimtelijke en temporele variabiliteit van de factoren die de mate van denitrificatie bepalen is het niet mogelijk een gemiddelde maat voor de nitraatreductie in zandgronden vast te stellen. In de literatuur worden voor de Nederlandse situatie uiteenlopende waarden gevonden van 10-40% (Krajenbrink, 1983), 20% (Kolenbrander, 1981) en 20-85% (Rijtema, 1980).

De in de bodem aanwezige nitraat, dat niet als gevolg van denitrificatie in de vorm van stikstofgas naar de atmosfeer ontsnapt, is in principe beschikbaar voor uitspoeling naar het ondiepe grondwater. Bij een gelijke aanvoer door bemesting zal daarom bij geringere denitrificatie meer nitraat naar het grondwater uitspoelen.

3. 2. 3. BEREKENINGSWIJZE

De hoeveelheid nitraat die naar het grondwater kan uitspoelen is naast de omvang van het stikstofoverschot volgens milieu-hygiënische benadering dus tevens afhankelijk van de denitrificatiecapaciteit van de bodem. Voor de berekening van de omvang van de nitraatuitspoeling dienen aannamen te worden gedaan aangaande de mate waarin dit proces nitraatreductie in het percolatiewater zal bewerkstelligen.
In de literatuur worden geen eenduidige waarden verstrekt voor de denitrificatiecapaciteit (zie paragraaf 3. 2. 2.). Daarnaast varieert de denitrificatiecapaciteit onder invloed van lokale omstandigheden. Voor de berekening van de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater is daarom uitgegaan van een denitrificatie traject van 20 tot 80%. Dit betekent, dat bij de berekeningen is uitgegaan van een nitraatuitspoeling naar het ondiepe grondwater van respectievelijk 80 en 20% van het stikstof-overschot. De waarde van 80% geeft daarbij een indruk van de maximale uitspoeling zoals die onder omstandigheden vanuit infiltratiegebieden en hooggelegen hydrologisch geïsoleerde gebieden kan plaatsvinden. De waarde van 20% geeft een indruk van de omvang van de uitspoeling vanuit kwelgebieden en laaggelegen hydrologisch geïsoleerde gebieden (zie ook paragraaf 3. 2. 2.).

Voor elke gemeente, die deel uitmaakt van een bepaald stroomgebied, is het oppervlak natuur en cultuurgrond binnen de stroomgebiedsgrenzen geplanimetreerd met behulp van de basiskaart (schaal 1: 100.000) die ten grondslag ligt aan kaartbijlage 1. Vermenigvuldiging van het gemeentelijk stikstofoverschot met het areaal cultuurgrond en de uitspoelingsfactor (0,2 resp. 0,8) geeft de nitraatbelasting vanuit cultuurgrond voor deze gemeente. Sommering van de belastingen van delen van de gemeenten die deel uitmaken van het stroomgebied levert de totale belasting van het stroomgebied.
Ook vanuit de natuurgebieden vindt een bijdrage plaats aan de stikstofbelasting van grondwater (Steenvoorden, 1983). Deze natuurlijke uitspoeling is vastgesteld op 20 respectievelijk 80% van 10 kg N die via de atmosfeer wordt aangevoerd en die in principe beschikbaar is voor uitspoeling.
Indien de totale nitraatbelasting (vanuit cultuurgrond en natuurgebieden) wordt gedeeld door de jaarlijkse grondwatervoeding van het stroomgebied, verkrijgt men de gemiddelde nitraatconcentratie (mg NO_3/l) voor de bovenste meter (uitgaande van een gemiddelde effectieve porositeit van 30%) van het freatisch watervoerend pakket voor het gehele stroomgebied, exclusief bebouwing. Ten behoeve van het onderzoek is de jaarlijkse grondwatervoeding vastgesteld op 3000 m^3 per ha cultuurgrond en 2000 m^3 per ha natuurgebied.

3.3. NITRAAT IN HET OPPERVLAKTEWATER

De belasting van het oppervlaktewater met nitraat als gevolg van overmatige mestdoseringen kan worden veroorzaakt door:
- uittreding van nitraatrijk grondwater, afkomstig uit landbouwgronden binnen het stroomgebied;
- instroming van eutroof oppervlaktewater vanuit bovenstrooms gelegen stroomgebieden;
- afspoeling van meststoffen over het bodemoppervlak.

Afspoeling over het bodemoppervlak doet zich met name voor kort na bemesting, indien de bergeingscapaciteit onvoldoende is (na hevige neerslag, bij dooi van de bevroren ondergrond). De mate waarin het proces zal optreden is echter sterk afhankelijk van lokale factoren en daarom niet in het onderzoek betrokken.
Behalve door de genoemde processen kan verontreiniging van het oppervlaktewater met nitraat ook het gevolg zijn van directe lozingen van afvalwater en het effluent van zuiveringsbedrijven. De bijdrage van bemesting op de totale nitraatbelasting zal daarom van plaats tot plaats varieren.
In sommige waterlopen kan toestroming plaatsvinden van dieper grondwater. Dit water bevat veelal minder nitraat, omdat het tientallen jaren geleden is geinfiltreerd in perioden met een geringer mestgebruik (STOM, 1983). Onder deze omstandigheden zal de nitraatconcentratie van het oppervlaktewater lager kunnen zijn.

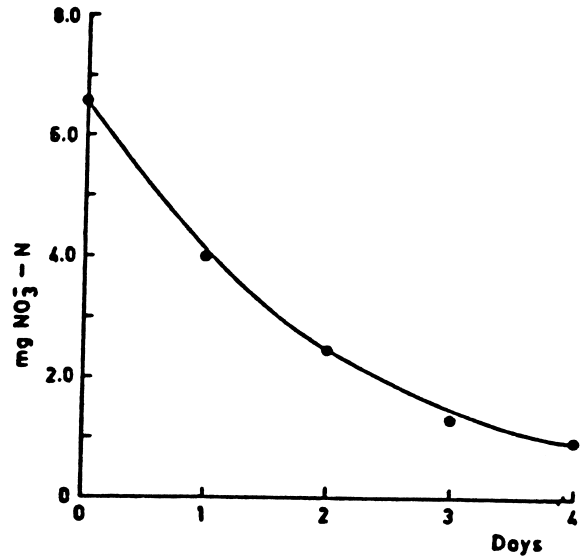
3. 3. 1. TOESTROMING VAN NITRAATRIJK GRONDWATER

De nitraatbelasting van het ondiepe grondwater ondergaat een verandering tijdens het transport van infiltratiepunt naar kwelgebied. Naast dispersie en menging met ander water is met name het optreden van denitrificatie in de verzadigde zone hiervoor verantwoordelijk.
De ondergrondse verblijftijd van diep grondwater varieert sterk en kan uiteenlopen van enkele jaren tot vele honderden jaren.
Mogelijkheden voor denitrificatie in het watervoerende pakket doen zich voor indien het met nitraat belaste grondwater humus- of pyriethoudende lagen passeert (Appelo et al, 1982; Steenvoorden, 1983; Van Beek, 1987). Denitrificatie zal met name kunnen optreden indien nitraatrijk grondwater tot in de bovenste bodemlagen in kwelgebieden, die meestal veel organische stof bevatten, kunnen doordringen. Aangezien de factoren die van invloed zijn op de denitrificatiecapaciteit van het watervoerend pakket lokaal sterk kunnen verschillen, is het niet mogelijk daarvoor een algemeen geldende waarde te geven.
Het grondwater treedt na verloop van tijd via het bodemslib uit in de watergangen, die het stroomgebied draineren. Ook in het oppervlaktewater treedt nitraatreductie op. Deze is het gevolg van tijdelijke immobilisatie door opname van in celmateriaal van organismen en vooral van denitrificatie in het bodemslib (Van Kessel, 1976a). In het oppervlaktewater zelf treedt nauwelijks denitrificatie op als gevolg van de daarin opgeloste zuurstof. De denitrificatiecapaciteit is daarmee een functie van het totale "natte" bodemoppervlak (oppervlakte van sloot-, kanaal- en beekbodems), waarmee het oppervlaktewater tijdens stroming in contact komt. Door genoemde omzettingsprocessen liggen de nitraatconcentraties, die in het oppervlaktewater worden gemeten, in het algemeen lager dan in het ondiepe grondwater van de herkomstgebieden (Moss, 1980; Lyklema, 1980).

3. 3. 2. INSTROMING VAN NITRAATRIJK OPPERVLAKTEWATER VANUIT BOVENSTROOMS GELEGEN GEBIEDEN

Oppervlaktewater dat is belast met nitraat ondervindt nitraatreductie door contact met bodemslib in de watergang. Denitrificatie in het oppervlaktewater is een functie van de verblijftijd. Deze verblijftijd is, bij een gegeven stroomsnelheid, afhankelijk van de lengte van de watergang: naarmate de verblijftijd groter is, treedt meer denitrificatie op. De denitrificatie in oppervlaktewater is dus te beschouwen als een functie van de lengte van de doorstroomde watergang. Dit verband blijkt niet lineair, omdat bij gebrek aan voldoende organische stof in het contactvlak tussen bodemslib en oppervlaktewater denitrificatie op steeds grotere diepte in het slib op zal kunnen treden (Van Kessel, 1976a; figuur 14). De diffusie van nitraat door het bodemslib naar de diepte waarop denitrificatie zal optreden, zal daardoor steeds meer tijd vergen.

Figuur 14: De nitraatverwijdering uit oppervlaktewater als functie van de verblijftijd



Bron: Van Kessel, 1976a

3. 3. 3. BEREKENINGSWIJZE

Aan de berekening van de nitraatconcentratie in het oppervlaktewater van de hoofdwatergang ligt de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater binnen het stroomgebied ten grondslag. Grondwater dat in de ontwateringsbasis (hoofdwatergang van het stroomgebied) uittreedt, zal gedurende het ondergrondse transport en tijdens het passeren van het bodemslib in de watergang een deel van de nitraatlast verliezen. Aangenomen is, dat de belasting van het oppervlaktewater door uittredend grondwater 30% bedraagt van het gemiddelde nitraatgehalte in het ondiepe grondwater, zoals berekend bij 80% denitrificatie (Bleuten, in voorbereiding). Dit houdt in dat rekening wordt gehouden met een nitraatvermindering tot 30% van die van het ondiepe grondwater, door de som van denitrificatie in de verzadigde zone en het gelijktijdig uittreden van grondwater van verschillende ouderdom en diepte (dieper en ouder grondwater is minder belast) in de drainerende watergangen van het stroomgebied.
Bij de berekening van de belasting wordt aangenomen dat het neerslagoverschot geheel als grondwater naar de hoofdwatergang van het onderscheiden stroomgebied afstroomt, waarbij een volledige menging in het watervoerend pakket plaatsvindt. De omvang van de totale denitrificatie wordt voor een groot deel bepaald door de afgelegde weg in het oppervlaktewater. Daar het stroomgebied wordt opgevat als een eenheid, is bij de berekeningen van de nitraatbelasting van het oppervlaktewater binnen de afzonderlijke stroomgebieden geen rekening gehouden met de factor lengte.
Oppervlaktewater dat, door transport in de hoofdwatergang, stroomafwaarts gelegen stroomgebieden passeert, ondervindt daar echter een nitraatverlies als gevolg van nitraatreduc-

tie in het bodemslib van de transportleiding. De mate waarin nitraatverwijdering optreedt is daarbij afhankelijk van de afgelegde weg. Voor de berekening van de nitraatafname als gevolg van transport is de denitrificatie als volgt benaderd:

$$\text{denitrificatie} = \{1 - \frac{1}{\log (L)}\} * 100\%$$

L= lengte van de hoofddrainagegang (in m.)

Bij een lengte L van 800m. bedraagt de denitrificatie 65%. Dat is redelijk in overeenstemming met een door Van Kessel (1976a) gemeten denitrificatie van 56% over een traject van 800m.
Aangezien het grootste deel van de bovengenoemde afvoer via de hoofdwatergang verloopt, is bij de berekeningen alleen uitgegaan van de lengte van de drainagebasis van het stroomgebied. Een deel van het ondiepe grondwater zal echter naar zijlopen afstromen, waardoor de totaal bovengronds afgelegde weg, en hiermee de denitrificatie, toeneemt.

De totale nitraatconcentratie in het oppervlaktewater van een stroomgebied kan, rekening houdend met de ligging binnen de hoofdafwateringseenheid, volgens onderstaande algemene vergelijkingen worden bepaald:
- zonder invloed van bovenstroomse gebiedsdelen (stroomgebieden die aan de hoofdwaterscheiding grenzen):

$$[NO_3] = \frac{N * (1 - \alpha)}{Q}$$

waarin: $[NO_3]$ = nitraat-N concentratie (mg N/l)
N = de totale stikstofbelasting in het stroomgebied (* 10^3 kg N; zie 3.2.2.)
α = reductiefactor oppervlaktewater (0,7)
Q = totale grondwatervoeding stroomgebied (* 10^6 m^3)

- met invloed van bovenstroomse gebiedsdelen:

$$[NO_3] = \frac{(N * (1 - \alpha) + (Nin * (1 - \beta))}{Q + Qin}$$

waarin: Nin = de totale stikstoftoevoer vanuit bovenstrooms gelegen gebiedsdelen (* 10^3 kg N)
β = reductiefactor oppervlaktewater: $1 - \frac{1}{\log (L)}$
Qin = het totale neerslagoverschot in bovenstroomse stroomgebied(en) (* 10^6 m^3)

Uit bovenstaande volgt dat, bij een overigens gelijke totale stikstofbelasting in benedenstrooms gelegen gebieden, de nitraatconcentratie in het oppervlaktewater in stroomafwaartse richting zal afnemen.

3.4. TRANSPORT VAN NITRAAT

De ondergrondse verplaatsing van nitraat wordt bepaald door de lokale waterhuishoudkundige situatie. Het uitgespoelde nitraat verplaatst zich via ondiepe en diepe stroombanen van het grondwater. In aaneengesloten infiltratiegebieden, waar de ondergrond tot op grote diepte uit goed doorlatende afzettingen bestaat en de ontwateringsbasis veraf gelegen is, kunnen deze stroombanen de uitgespoelde stoffen over grote afstand en tot grote diepte in het watervoerend pakket verplaatsen.
In kwelgebieden is de uitspoelingsdiepte aanzienlijk geringer en veelal beperkt tot de bovenste bodemlagen. De infiltratiediepte is afhankelijk van de dichtheid van het afwateringsstelsel, de ontwateringsdiepte en de omvang van de kwelstroom en zal meestal varieren van 1 tot 10 à 15 meter. De vertikale verplaatsing van nitraat neemt toe, naarmate de kwelstroom en de dichtheid van het afwateringsstelsel afnemen.
Evenals in de kwelgebieden verloopt de verplaatsing van nitraat in de hydrologisch geïsoleerde gebieden via relatief ondiepe stroombanen. De infiltratiediepte is afhankelijk van de diepte waarop stagnerende lagen voorkomen en/of de dichtheid van het afwateringsstelsel en kan oplopen tot 20 à 25 meter. Bij de aanwezigheid van stagnerende lagen zal het neerslagoverschot met de uitgespoelde stoffen over deze lagen afstromen naar de drainagegangen.

3.5. FOSFAAT IN ONDIEP GRONDWATER

In de bodem vinden processen plaats die van invloed zijn op de uitspoeling van fosfaat. Indien meer fosfaat aan de bodem wordt toegevoegd dan door gewassen wordt onttrokken, zal de bodem met fosfaat worden verrrijkt. Vastlegging van fosfaat vindt overwegend plaats in de onverzadigde zone en is afhankelijk van de sorptiecapaciteit van de bodem, die hoofdzakelijk door de gehalten aan ijzer(III)- en aluminium-(hydr)oxiden wordt bepaald.
Uitgaande van gronden met een vergelijkbare sorptiecapaciteit zal uitspoeling van fosfaat het eerst optreden in gronden met hoge grondwaterstanden. Het meest kwetsbaar ten aanzien van fosfaatuitspoeling zijn dan ook gebieden met een groot fosfaatoverschot en/of een geringe fosfaatsorptiecapaciteit en/of hoge grondwaterstanden.

Onder de in de bodem heersende omstandigheden is de adsorptie van fosfaat te beschouwen als een blokfront (Lexmond et al, 1982; van der Zee et al, 1986), waarboven de bodem nagenoeg verzadigd is met fosfaat. Bij voortgaande overdoseringen van mest zal het verzadigingsfront steeds dieper in de bodem doordringen. De snelheid waarmee dit gebeurt kan worden berekend met behulp van de volgende formule (Lexmond et al, 1982):

$$\delta y = \frac{O}{B * S} * 141$$

waarin: δy = vertikale verplaatsingssnelheid van het fosfaatverzadigingsfront (cm/jaar)
O = fosfaatoverschot volgens milieu-hygiënische benadering (kg P_2O_5/ha/jaar)
B = dichtheid van de (boven)grond (1400 kg/m^3)
S = sorptiecapaciteit van de bodem (mmol P/kg grond).

De sorptiecapaciteit van de bodem hangt ten nauwste samen met de verdeling van ijzer en aluminium in de bodem (Korzilius en Breeuwsma, 1983). Daarenboven zal reeds een deel van de maximale fosfaatsorptiecapaciteit zijn benut, als gevolg van fosfaatoverschotten uit het verleden.
Om deze reden is voor de sorptiecapaciteit gebruik gemaakt van de "nog resterende fosfaatsorptiecapaciteit", die door de LU-Wageningen is bepaald aan de hand van een groot aantal bodemmonsters (Van Riemsdijk et al, 1983). Deze is voor de zandgronden vastgesteld op gemiddeld 14 mmol P per kg grond (Vissers et al, 1985).

Door het voorkomen van gereduceerd ijzer (Fe(II)) en een hogere pH, is het fosfaat-bindend vermogen van de verzadigde zone gering. Indien het verzadigingsfront het grondwater bereikt ("doorslag" van fosfaat), zal de fosfaatuitspoeling sterk kunnen toenemen. Bij voortgaande mestdoseringen zal onder deze omstandigheden in feite het totale mestoverschot het grondwater belasten. Dit gebeurt, onder overigens gelijke omstandigheden, het eerst in gronden met hoge grondwaterstanden. Dit zijn gronden waarin de grondwatertrappen II, III en V voorkomen (GHG: 25 cm -mv).
Op dit moment komt fosfaatuitspoeling nog nauwelijks voor (Van Riemsdijk et al, 1983); De Wit et al, 1986). Vanuit een beleidsmatig oogpunt is het echter van belang te weten, in welke gebieden de belasting van het ondiepe grondwater met fosfaat op kortere (binnen 10 jaar), middellange (10-25 jaar), dan wel langere termijn op zal treden (gerekend vanaf 1983).
Het is hierbij van belang te weten, bij welke omvang van de mestoverschotten een diepte van het verzadigingsfront van 25 cm -mv. binnen 10 respectievelijk 25 jaar na 1983 wordt bereikt, onder handhaving van de toestand van 1983. Uit berekeningen van Vissers et al (1985) is gebleken dat dit zal gebeuren bij jaarlijkse overdoseringen van tenminste 347 respectievelijk 139 kg P_2O_5 per hectare natte cultuurgrond. De berekende fosfaatoverschotten in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën waren, zowel in 1983 als in 1986, alle geringer dan 139 kg P_2O_5/ha/jaar. Hierdoor zal fosfaatdoorslag in dit gebied pas op de lange termijn (meer dan 25 jaar na 1983) eventueel een rol kunnen spelen. Op grond hiervan heeft berekening van de fosfaatconcentraties in het ondiepe grondwater niet plaatsgevonden.

HOOFDSTUK 4. DE BEREKENDE NITRAATBELASTING VAN GROND- EN OPPERVLAKTEWATER

4.1. INLEIDING

Dit hoofdstuk geeft de resultaten weer van de berekeningen van het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater en oppervlaktewater op basis van de berekende mestoverschotten van 1983 en 1986.
De concentraties zijn per stroomgebied berekend (gemiddeld voor het hele gebied) en ingedeeld in belastingklasssen.
Stroomgebieden worden in dit onderzoek opgevat als een functionele hydrologische basiseenheid, waarbinnen ruimtelijke relaties via grond- en oppervlaktewater bestaan.
Aan elk stroomgebied is een belastingklasse toegekend. De resultaten zijn op kaart aangegeven.
De mate waarin natuurterreinen in kwelzones in hun functioneren worden bedreigd, is afhankelijk van de belasting van het toestromende grondwater en het geïnundeerde oppervlaktewater.
Nitraat- (en fosfaat-)concentraties in oppervlaktewater worden vaak gehanteerd als maat voor de voedselrijkdom (Schmidt- van Dorp, 1978; Golterman 1976; Coordinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren CUWVO, 1984). In voedselarme aquatische milieus is nitraat vaak een beperkende factor. Bij een ruime aanwezigheid van deze stof is er sprake van eutrofiëring, die meestal tot uiting komt in een overmatige planten- of algengroei (Leentvaar, 1979). In vele watergangen is er zelfs sprake van zeer voedselrijk (hypertroof) water.
Voor terrestrische ecosystemen, waaronder de grondwaterafhankelijke natuurgebieden, zijn nog geen normen ontwikkeld waaraan het grondwater moet voldoen.
De potentiele bedreiging van de grondwaterafhankelijke natuurgebieden is tevens afhankelijk van het landgebruik in bovenstroomse delen, de ligging binnen het hydrologisch systeem en de gevoeligheid van cultuurgrond ten aanzien van uitspoeling.

De kaart, waarop de hydrologische eenheden zijn weergegeven (kaartbijlage 1), geeft globale informatie over de waterhuishouding en de hiermee samenhangende gevoeligheid voor de uitspoeling van meststoffen (zie hoofdstuk 2). Daar bovendien de natuurgebieden zijn weergegeven, kunnen tevens de ruimtelijke relaties tussen cultuurgronden en grondwaterafhankelijke natuurgebieden worden afgeleid. Deze kaart moet dan ook worden geraadpleegd bij de interpretatie van de belastingkaarten.

4. 2. KARTERING VAN DE NITRAATBELASTING VAN HET ONDIEPE GRONDWATER

4. 2. 1. INDELING IN BELASTINGKLASSEN

De berekende nitraatconcentraties (uitgaande van 20 en 80% denitrificatie in de bovengrond) geven per stroomgebied de gemiddelde belasting van het grondwater weer, zoals die kunnen worden verwacht op basis van de mestdoseringen van 1983 en 1986. Deze concentraties hebben betrekking op de bovenste meter van de verzadigde zone (zie hoofdstuk 3) en zijn ingedeeld in klassen. Aan de indeling ligt ten grondslag de nitraatnorm volgens de EG-richtlijnen voor drinkwater (EG-richtlijn 80/778/EG, 1980). Als grens tussen de eerste en tweede klasse is de maximaal toelaatbare concentratie (MTC-norm) gehanteerd. Sinds 1976 is deze norm gesteld op 50 mg NO3 per liter. Uitgaande van de berekende concentraties in het ondiepe grondwater wordt aan de onderscheiden stroomgebieden een klasse toegekend.

4. 2. 2. INTERPRETATIE VAN DE BELASTINGKAART VOOR ONDIEP GRONDWATER

De belastingkaarten geven de ruimtelijke verschillen weer in de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater in de stroomgebieden en beschermingsgebieden van drinkwaterpompstations voor de situatie 1983 en 1986 (resp. kaartbijlage 2a en 2b). Aan de hand van deze kaarten kunnen de ruimtelijke variaties van de (potentiële) bedreigingen van drinkwaterwinningen en grondwaterafhankelijke natuurterreinen door overdosering van meststoffen worden afgeleid.
Om een beeld te krijgen van de regionale verschillen (inclusief een vergelijking met de overige zandgebieden), is er vanuit gegaan dat binnen de stroomgebieden de mesttoediening evenredig over bouw- en grasland plaatsvindt. In de praktijk daarentegen blijkt vaak dat bepaalde percelen (met name maisakkers) als "dumppercelen" voor drijfmest worden gebruikt. Hierdoor (en als gevolg van verschillen in de waterhuishouding) zullen binnen de stroomgebieden tussen de cultuurgronden (en zelfs binnen afzonderlijke percelen) verschillen in de belasting van ondiep grondwater optreden (De Wit et al, 1986). Deze werkelijke concentraties kunnen zowel boven als beneden de berekende concentraties liggen.
Tevens is er vanuit gegaan, dat binnen het stroomgebied een volledige menging van belast en onbelast grondwater plaatsvindt. Dit betekent dat, uitgaande van vergelijkbare mestoverschotten per hectare cultuurgrond, stroomgebieden met een hoog aandeel natuurgebied tot een lagere belastingklasse behoren.

In paragraaf 3. 2. 3. is uiteengezet op welke wijze de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater is berekend. Van de totale stikstofinput per stroomgebied (in kg N) is aangenomen dat in de onverzadigde zone 20-80% van deze belasting verdwijnt als gevolg van denitrificatie. Op kaartbijlage 2 is voor de uiterste waarden van dit denitrificatietraject de daarbij behorende nitraatconcentratie

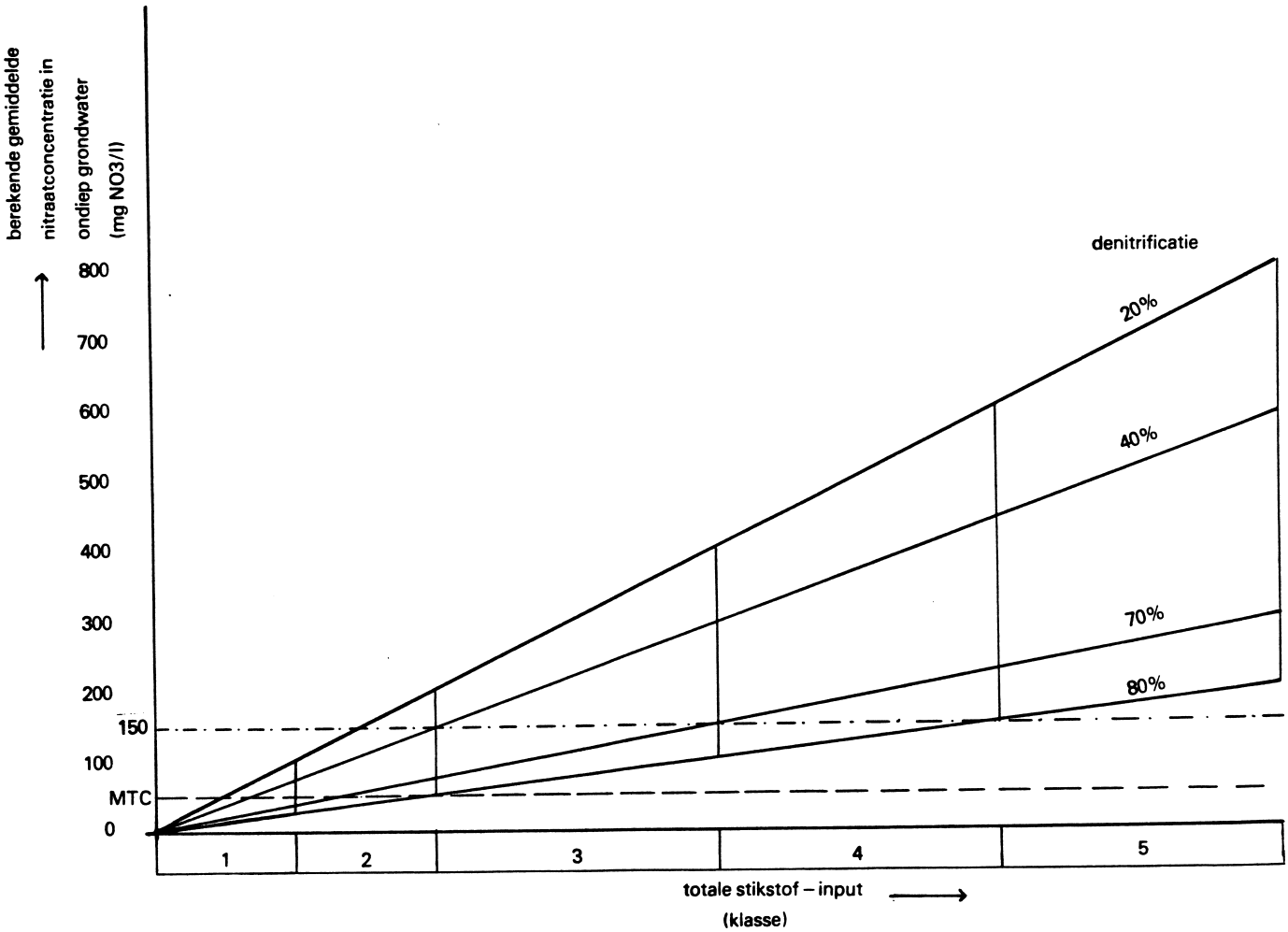
in klassen weergegeven (tabel 5). Dit is uitsluitend gedaan om een onderlinge vergelijking van stroomgebieden mogelijk te maken.

Tabel 5: Grenzen van de belastingklassen waarbinnen de berekende gemiddelde nitraatconcentraties (mg NO_3/l) in het ondiepe grondwater kunnen variëren in afhankelijkheid van de mate van denitrificatie.

belastingklasse	traject van gemiddelde nitraatconcentratie	
	20% denitrificatie	80% denitrificatie
1	0.0- 25.0	0.0-100.0
2	25.1- 50.0	100.1-200.0
3	50.1-100.0	200.1-400.0
4	100.1-150.0	400.1-600.0
5	150.1-200.0	600.1-800.0

In werkelijkheid zal de mate van denitrificatie binnen een stroomgebied varieren onder invloed van lokale verschillen. Vooral de vochthuishouding van de onverzadigde zone speelt hierbij een belangrijke rol. Dit betekent dat het grondwater in stroomgebieden met een groot aandeel droge gronden (geringe denitrificatie) en een lage belastingsklasse vergelijkbare nitraatconcentraties kan hebben als in stroomgebieden met een groot aandeel natte gronden (hoge denitrificatie) uit een hogere klasse (ervan uitgaande, dat de overige factoren van invloed op de denitrificatie constant zijn). Een en ander wordt geillustreerd in figuur 15. Hierin is weergegeven welke nitraatconcentraties in het bovenste grondwater kunnen voorkomen in afhankelijkheid van de totale stikstofinput en mate van denitrificatie. Zo kan bij voorbeeld een gemiddelde nitraatconcentratie van 150 mg NO_3/l voorkomen in stroomgebieden uit de klassen 2, 3 of 4. Dit is echter alleen mogelijk onder omstandigheden, waarbij de denitrificatie van de totale stikstofinput in de bovengrond respectievelijk 20-40, 40-70 of 70-80% bedraagt (figuur 15).
Ook tussen de stroomgebieden uit dezelfde klasse en binnen stroomgebieden kunnen onder cultuurgronden aanzienlijke verschillen in nitraatuitspoeling optreden (zelfs bij overeenkomstige landgebruiksvormen). De berekende nitraatconcentraties mogen dan ook niet zonder meer worden gebruikt om overeenkomstige landgebruiksvormen tussen verschillende stroomgebieden met elkaar te vergelijken. Verwacht mag worden dat de variatie in de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater onder cultuurgrond zal toenemen, naarmate de belastingklasse, waartoe het stroomgebied als geheel behoort, hoger is. Met name onder droge maispercelen kan het nitraatgehalte tot extreem hoge waarden oplopen

Figuur 15: Nitraatconcentraties in ondiep grondwater in afhankelijkheid van de totale stikstof-input en de mate van denitrificatie (verklaring in de tekst)



MTC: Maximaal Toelaatbare Concentratie voor drinkwater (50 mg NO_3/l)

Bron: Vissers et al, 1985

(tot honderden milligrammen NO_3 per liter; de Wit et al, 1986). Ter vergelijking: grondwater onder natuur in infiltratiegebieden en natte graslanden bevat gemiddeld minder dan 15 mg NO_3 per liter (STOM, 1983; van Oostenbruggen, 1984; de Wit et al, 1986).

4.2.3. RUIMTELIJKE EN TEMPORELE VARIATIE IN DE BEREKENDE NITRAATBELASTING EN EFFECTEN VOOR NATUURGEBIEDEN IN HET NOORDELIJK ZANDGEBIED

Ruimtelijke variatie

De berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën is gering ten opzichte van de overige zandgebieden (zie Vissers et al, 1985, kaartbijlage 2 en tabel 6) en vertoont binnen het studiegebied een duidelijke regionale samenhang. De laagste berekende nitraatgehalten komen voor in de Veenkoloniën en op de Hondsrug, als gevolg van geringe veedichtheid en (op de Hondsrug) een relatief groot aandeel natuur binnen het oppervlak van stroomgebieden.
De hoogste nitraatgehalten zijn berekend voor stroomgebieden in het zuidwesten en noordwesten van het studiegebied. Deze hangen samen met relatief grote gemeentelijke mestoverschotten en geringe aandelen natuurgebied, waardoor slechts een geringe verdunning van de uit cultuurgrond uitspoelende nitraat-stikstof plaatsvindt.
Opvallend verschil met de overige zandgebieden is de in het algemeen relatief geringe nitraatbelasting zoals die voor het Noordelijk zandgebied is berekend (tabel 6). Dit hangt nauw samen met de relatief geringe mestoverschotten in het Noordelijk zandgebied (vergelijk hoofdstuk 1).

Het ondiepe grondwater zal door het veelvuldig voorkomen van keileem in de ondiepe ondergrond van het Drents Plateau en een dicht afwateringsstelsel vooral via relatief ondiepe stroombanen naar de waterlopen afstromen. Een eventuele belasting blijft onder deze omstandigheden beperkt tot het bovenste deel van het watervoerend pakket. Deze omstandigheden doen zich onder meer voor in de stroomgebieden in het westen van dit plateau, zoals het dal van de Linde, de Vledder A en de Beilerstroom.
Daar waar de keileem ontbreekt, of waar deze meer doorlatend is, dringt het al dan niet verontreinigde grondwater tot grotere diepte door. Deze situatie doet zich vooral voor op de Hondsrug en de Rug van Veenoord-Schoonloo. Dit diepere grondwater kwelt op in de benedenlopen van de beken die het plateau radiaal ontwateren (zie hoofdstuk 2), op plaatsen waar de keileem is weggeërodeerd. Dit diepere (oudere) grondwater heeft in het algemeen een betere kwaliteit dan het ondiep afstromende (jongere) grondwater.
Op plaatsen waar veelvuldig ondiepe grondwaterstanden voorkomen, zoals in voornoemde delen van het Drents Plateau met keileem in de ondergrond, zal het grootste deel (tot 80%) van de uitgespoelde stikstof verdwijnen als gevolg van de voor denitrificatie gunstige omstandigheden. Desondanks zal de gemiddelde nitraatconcentratie van het grondwater in

stroomgebieden met een hoge potentiële belasting (klasse 3) de maximaal toelaatbare concentratie (MTC: 50 mg NO_3/l) voor drinkwater toch nog overschrijden.
In infiltratiegebieden op het Drents Plateau en in het zandgebied van Oost Groningen zijn de omstandigheden voor denitrificatie minder gunstig, waardoor in vele gevallen de MTC zal worden overschreden, ook in het geval van een lage potentiële belasting (klasse 1). Onder deze omstandigheden kan ook het diepere grondwater met nitraat worden verontreinigd.

Het Veenkoloniale gebied ten Oosten en Zuiden van het Drents Plateau wordt gekenmerkt door een intensieve, diepe ontwatering. Dientengevolge zal het grondwater in dit gebied via ondiepe stroombanen naar de wijken worden afgevoerd en zijn de verblijftijden in het watervoerend pakket kort. Hoewel door de diepe ontwatering de omstandigheden voor denitrificatie niet optimaal zijn zal, als gevolg van de geringe potentiële belasting in grote delen van dit gebied, de nitraatbelasting van het grondwater in het algemeen laag zijn. Op grond van de relatief hoge potentiële belasting in het dal van de Overijsselse Vecht, zal de nitraatconcentratie van het ondiepe grondwater in dit gebied hogere waarden aannemen, waarbij de MTC voor drinkwater kan worden overschreden.

Beïnvloeding van natuurgebieden

Natuurgebieden in het Noordelijk zandgebied komen vooral voor in de (relatief droge) infiltratiegebieden op het Drents Plateau. In het Veenkoloniale gebied zijn natuurgebieden nagenoeg afwezig. Vochtige en natte natuurgebieden kunnen worden aangetroffen op de vlakke hoofdwaterscheiding van het Drents Plateau (Fochtelooër Veen),in beekdalen en in de vorm van niet-ontgonnen hoogveen restanten in het zuid-oosten van de Veenkoloniën.
De natuurterreinen in de infiltratiegebieden en nabij de waterscheiding, alsmede de hoogveengebieden, zijn voor hun wateraanvoer afhankelijk van lokaal gevallen neerslag. Een (soms zware) belasting van het ondiepe grondwater in de omringende cultuurgronden vormt daarbij naar verwachting alleen aan de randen van deze gebieden een bedreiging (De Wit et al, 1986). De aanvoer van stikstof via atmosferische depositie (ten dele afkomstig van dierlijke mest) is daarentegen een bedreiging voor de kwaliteit van deze voedselarme ecosystemen, die het totale gebied beïnvloed in de vorm van eutrofiëring en verzuring (Leuven en Schuurkes, 1985; Van der Voet en Udo de Haes, 1985).

Het merendeel van de natuurgebieden in beekdalen heeft een geringe omvang en ligt geïsoleerd temidden van cultuurgrond in de benedenloop. Dit is het geval in de dalen van Linde, Tjonger, Reest, Overijsselse Vecht, Loodiep en Peizer Diep. In het dal van de Drentsche A komen ook in de bovenloop verspreid grondwaterafhankelijke natuurgebieden voor.

Tabel 6: Oppervlakte-aandeel van stroomgebieden (uitgedrukt in procenten per zandgebied waarbinnen, volgens de berekeningen, nitraatbelasting van ondiep grondwater zal optreden. De belastingklassen geven het traject voor de gemiddelde nitraatconcentratie van het ondiepe grondwater per stroomgebied weer voor de situatie 1983.
Ten behoeve van de temporele variatie is voor het Noordelijk Zandgebied ook de situatie 1986 weergegeven.

1983:

Belastingklasse	1	2	3	4	5	totaal %	totaal oppervl. (ha)
Klassegrens (mg NO_3/l)	0-100	25-200	50-400	100-600	150-800		
Noordelijk Zandgebied	30	27	43	-	-	100	476576
Oostelijk Zandgebied	1	7	71	22	-	100	314705
Centraal Zandgebied	40	14	30	14	3	100	221458
Zuidelijk Zandgebied	4	11	47	34	6	100	478131
Totaal	17	15	48	18	2	100	1490870

1986:

Noordelijk Zandgebied	35	29	36	-	-	100	476576

Bron: Vissers et al, 1985.
De Wit et al, 1988.

Nadelige gevolgen vanuit aangrenzende landbouwgrond kunnen door de geïsoleerde ligging en geringe oppervlakte in het gehele natuurgebied merkbaar zijn. De grootste bedreiging zal daarbij uitgaan van die stroomgebieden waar de gemiddelde nitraatbelasting het grootst is (Reest, Linde en Tjonger), maar onder omstandigheden van geringe denitrificatie kan ook in stroomgebieden met een geringe gemiddelde nitraatbelasting van het ondiepe grondwater een aanzienlijke bedreiging van natuurterreinen optreden.
Een sterke bedreiging zal zich voordoen indien zwaar bemeste landbouwpercelen rechtstreeks grenzen aan lager gelegen natuurgebieden. Door het veelvuldig voorkomen van keileem in de ondiepe ondergrond kan de bodem in natte perioden tot aan het maaiveld verzadigd zijn met water, waardoor een vergrote kans bestaat op de afspoeling van nutriënten over het oppervlak naar lager gelegen beekdalreservaten. De mate waarin deze negatieve effecten ook daadwerkelijk zullen optreden in deze hydrologisch geïsoleerde gebieden, is echter afhankelijk van de lokale ontwateringssituatie. Zo zal de aanwezigheid van een drainerende sloot bovenstrooms van het natuurgebied een aanzienlijke reductie van de bedreiging door toestromend verontreinigd grondwater en oppervlakkige afspoeling inhouden.
In de beekdalen treedt plaatselijk kwel op van diep grondwater. Dit oudere grondwater heeft in het algemeen een betere kwaliteit. Op deze plaatsen heeft zich een voedselarme grondwaterafhankelijke moeras- en blauwgraslandvegetatie gevestigd. Door de verbeterde beekafvoer en ontwatering ten behoeve van de landbouw is deze diepe kwelstroom in omvang afgenomen en meer beperkt tot de beken zelf, waardoor deze vegetaties ernstig in hun voortbestaan worden bedreigd (Grootjans, 1985).
Alleen in de bovenloop van de Vledder A en Ruiner A komen vochtige natuurterreinen voor, deeluitmakend van grotere complexen die zich tot aan de waterscheiding uitstrekken. In deze situatie is de aanvoer van nutriënten tot een minimum beperkt en verkeren de grondwaterafhankelijke ecosystemen in een relatief gunstige positie.

Temporele variatie

Ten opzichte van 1983 is de berekende gemiddelde nitraatbelasting van het ondiepe grondwater op basis van de mestoverschotten van 1986 lager (tabel 6; kaartbijlagen 2a en 2b). Deze afname is een gevolg van de invoering van de superheffing, die in het Noordelijk Zandgebied een afname van de mestoverschotten tot gevolg heeft gehad (zie hoofdstuk 1). Daar deze afname in vrijwel alle gemeenten heeft plaatgevonden is de ruimtelijke variabiliteit in de berekende nitraatbelasting in 1986 vrijwel gelijk aan de situatie in 1983.
Voor de volledigheid zij hier opgemerkt dat het onwaarschijnlijk is, dat deze zelfde ontwikkeling zich eveneens in de overige zandgebieden heeft voorgedaan. In de overige zandgebieden immers, wordt de periode 1983-1986 gekenmerkt door een algemene toename van de mestoverschotten (hoofd-

stuk 1).

4. 3. KARTERING VAN DE BEREKENDE NITRAATBELASTING VAN HET OPPERVLAKTEWATER

4. 3. 1. INLEIDING

Onder oppervlaktewater kunnen zowel stromende (sloten, beken, rivieren) als stilstaande (dobben, plassen, petgaten) watertypen worden verstaan. In dit rapport wordt alleen oppervlaktewater met een drainerende functie (stromend water) besproken.
De gronden binnen een stroomgebied wateren rechtstreeks, of via een stelsel van sloten, af op de hoofdwatergang. In het Noordelijk Zandgebied zijn dit overwegend laaglandbeken. De voeding van deze beken vindt plaats door uittreding van ondiep (en diep) grondwater en door sloten en greppels. In stroomafwaartse richting voegen deze watergangen zich samen tot beken, die uiteindelijk hoofdzakelijk op boezems afwateren.
De nitraatconcentratie van het oppervlaktewater wordt vooral bepaald door de denitrificatie in het bodemslib. Naarmate de afgelegde weg van een uittredend waterdeeltje in de watergang toeneemt, kan tot 90 % van het oorspronkelijk aanwezige nitraat verdwijnen. Aangezien massale algen groei reeds optreedt bij concentraties anorganisch stikstof van 0.9-1.3 mg NO_3/l, zal deze stof meestal in voldoende mate aanwezig zijn, mogelijke denitrificatie ten spijt. In de meeste gevallen is fosfaat de beperkende factor voor massale algenontwikkeling (Van Kessel, 1976b).
Naast uittredend grondwater kunnen de volgende bronnen bijdragen aan de eutrofiëring van het oppervlaktewater:
- oppervlakkige afspoeling van meststoffen uit landbouwgronden;
- lozing van agrarisch, huishoudelijk en industrieel afvalwater;
- effluent van waterzuiveringsinstallaties.

Als gevolg van de diverse lozingen, die aanzienlijke hoeveelheden nitraat en fosfaat kunnen bevatten, zal de gemiddelde belasting van het oppervlaktewater in stroomafwaartse richting vooral met fosfaat toenemen (Kouwe, 1982; Steenvoorden en De Heus, 1984). Buiten de lokaties waar deze lozingen plaatsvinden, kan de landbouw meestal als de belangrijkste stikstofbron worden beschouwd (Steenvoorden en Oosterom, 1979).

In deze studie wordt alleen ingegaan op de belasting van het oppervlaktewater met nitraat door de uittreding van nitraat-houdend grondwater. Uit diverse balansstudies is gebleken dat onder de huidige omstandigheden de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater in zandgebieden nauwelijks wordt beïnvloed door de uitspoeling uit landbouwgronden (Kolenbrander, 1971; Henkens, 1976; Steenvoorden en De Heus, 1984).

4. 3. 2. STIKSTOFNORMEN VOOR OPPERVLAKTEWATER

Afhankelijk van de na te streven doelstellingen, kunnen normen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater worden gehanteerd. Enerzijds betreft dit normen die gericht zijn op de handhaving van de diversiteit aan aquatische levensgemeenschappen, anderszijds normen die de functies van het oppervlaktewater voor de mens moeten waarborgen. Deze normen gaan verder dan de basiskwaliteit, die volgens het Indicatief Meerjaren Programma (IMP) Water 1985-1989 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1985) in beginsel in alle Nederlandse oppervlaktewateren op korte termijn moet worden bereikt. In dit IMP wordt voor de basiskwaliteit met betrekking tot het totaal-stikstof gehalte een absolute norm van 44. 2 mg NO_3/l gehanteerd.
Voor oppervlaktewater dat gevoelig is voor eutrofiëring ligt deze waarde veel te hoog. Door de CUWVO (1984) wordt daarom voor beken een nitraattraject van 0-13. 2 mg NO_3/l aanbevolen. Voor stilstaande wateren liggen de waarden nog lager (vennen: 0-4. 5 mg NO_3/l).
Aangezien onvoldoende inzicht bestaat in de gevoeligheid van terrestrische ecosystemen (waaronder grondwaterafhankelijke natuurgebieden) voor nitraatbelasting door grondwater, worden hiervoor door de CUWVO geen normen gegeven. De CUWVO geeft wel aan bij welke grenzen het ecologisch optimum kan worden bereikt. Deze waarden mogen in waterlopen met een hoge graad van natuurlijkheid niet worden overschreden (CUWVO, 1984).
In de literatuur wordt vaak vermeld dat het water in voedselarme ecosystemen een nitraatgehalte van 0-0. 4 mg NO_3/l (Leentvaar, 1979), of ten hoogste 0. 9 mg NO_3/l (Van Dam en Kooyman-Blokland, 1978) mag bevatten. Voor eutrofe wateren wordt een bovengrens van 8. 9 mg NO_3/l gehanteerd. Boven deze waarde treedt, bij voldoende beschikbaarheid van fosfaat, algenbloei op. Deze waarden hebben echter veelal betrekking op stilstaand oppervlaktewater.

4. 3. 3. INDELING IN BELASTINGKLASSEN

Aan de berekeningen van het nitraatgehalte van het oppervlaktewater liggen de concentraties in het ondiepe grondwater ten grondslag (zie paragraaf 3. 2.). Bij de indeling in belasting-klassen wordt uitgegaan voor de CUWVO-norm voor beken (13. 2 mg NO_3/l). Oppervlaktewater dat tot de laatste klasse behoort, biedt de mogelijkheid voor de ontwikkeling van ecologisch waardevolle aquatische ecosystemen. Eventuele overstroming van natuurgebieden met dit water vormt geen bedreiging, aangenomen dat ook fosfaat in beperkte mate aanwezig is. De hogere klassen zijn veelvouden van de CUWVO-norm voor stikstof. Oppervlaktewater uit deze klassen kan bij inundatie eutrofiëring van beekdal-reservaten tot gevolg hebben.
De in kaarbijlage 3 weergegeven belasting van het oppervlaktewater heeft uitsluitend betrekking op de nitraatconcentratie in de hoofdwatergang, die zich zal voordoen door uittreding van grondwater en menging met oppervlak-

tewater uit bovenstroomse stroomgebieden binnen een hoofd-afwateringseenheid.

4. 3. 4. INTERPRETATIE VAN DE BELASTINGKAART

De belastingklassen zijn met behulp van pijlen per stoomgebied weergegeven en hebben betrekking op het in- en uitstromend oppervlaktewater (kaartbijlage 3). Om een beeld te verkrijgen van de ruimtelijke relaties tussen de stroomgebieden van oppervlaktewater en om regionale verschillen beter tot uiting te laten komen, zijn tevens de hoofd-afwateringseenheden weergegeven. De pijlen geven de afstromingsrichting aan van de hoofdwatergang. Bij samenkomst van twee of meer watergangen treedt menging van water op. Afhankelijk van de totale belasting en omvang van de bovenstroomse gebiedsdelen zal de nitraatconcentratie van het mengwater in de hoofdwatergang toe- of afnemen.
Naarmate de afgelegde weg in de hoofdwatergang groter wordt, neemt de hoeveelheid als gevolg van denitrificatie verdwenen stikstof steeds toe. Dit komt tot uiting in een afname in stroomafwaartse richting van de nitraatbelasting binnen een hoofd-afwateringseenheid. Vermindering van de nitraatbelasting zal zich echter uitsluitend voordoen indien er naast de uittreding van nitraat-houdend grondwater geen andere verontreinigingsbronnen op de watergang lozen. In de praktijk neemt het aantal lozingen in stroomafwaartse richting toe, waardoor de belasting verder zal stijgen.

4. 3. 5. INUNDATIE IN KWELGEBIEDEN

De beken die landbouwgebieden ontwateren, hebben in vele gevallen ingrijpende afvoerverbeteringen ondergaan. In extreme situaties is het gehele beekdal vergraven en zijn de kwelzones ter weerszijden van de beek ingekrompen tot een smalle zone, of zelfs geheel verdwenen. In dit laatste geval is de kwelstroom geheel beperkt tot de beek (vergelijk paragraaf 4. 2. 3.). Door de toegenomen afvoercapaciteit treedt in natte perioden vrijwel geen overstroming meer op. In delen van het beekdal waar natuurgebieden voorkomen, heeft de beek daarentegen vaak nog haar meanderende loop behouden. Hierdoor is de afvoercapaciteit plaatselijk geringer, waardoor in perioden van hoge afvoer de beek in het natuurgebied buiten haar oevers treedt. Via dit inundatiewater kunnen kunnen grondwaterafhankelijke vegetaties in de kwelzone worden belast met nutriënten uit het stroomopwaartse voedingsgebied van de beek. Aldus getransporteerde stoffen kunnen tot ver buiten het herkomstgebied nadelige effecten sorteren. Natuurgebieden gevoed door weinig belast grondwater (het voedingsgebied bestaat uitsluitend uit natuur) verkeren daardoor slechts ogenschijnlijk in een gunstige positie en kunnen als gevolg van inundatie ernstig in hun functioneren worden bedreigd. De potentiële bedreiging door inundatie wordt in paragraaf 4. 3. 6. beschreven.

4.3.6. RUIMTELIJKE VARIATIES IN DE BELASTING VAN HET OPPERVLAKTEWATER EN DE EFFECTEN VOOR NATUURGEBIEDEN

De berekende nitraatbelasting van het oppervlaktewater (kaartbijlage 3) vertoont een overeenkomstig beeld met het ondiepe grondwater. De hoogste concentraties (klasse 3) worden berekend voor stroomgebieden, deel uitmakend van de benedenlopen van beken in het noord-westen en zuid-westen van het Noordelijk Zandgebied, die de meest intensief bemeste landbouwgronden draineren en waar relatief weinig natuurgebieden aanwezig zijn. Met uitzondering van deze stroomgebieden wordt voor de overige een relatief lage nitraatbelasting berekend (eutroof oppervlaktewater: klasse 1).
De procentuele verdeling van de belastingklassen van de hoofdwatergangen in het uitstroompunt van het stroomgebied is in tabel 7 weergegeven. In deze tabel zijn ter vergelijking tevens de waarden voor de overige zandgronden opgenomen. Uit de tabel blijkt de uitzonderlijke positie die het Noordelijk Zandgebied inneemt ten opzichte van de overige zandgebieden. De belastingklassen 4 en 5 ontbreken geheel en voor meer dan de helft van het aantal stroomgebieden (58%) wordt belastingklasse 1 berekend.
Uit kaartbijlage 3 en de berekeningen blijkt dat in het Noordelijk Zandgebied de laagste nitraatbelasting van het oppervlaktewater wordt berekend voor de boven- en middenlopen van de beken. Dit hangt samen met de relatief lage mestoverschotten in de gemeenten op het Drents Plateau en de relatief grote aandelen natuur in dit gebied. Verder stroomafwaarts komen, met uitzondering van de oostelijke rand van het plateau, de beken terecht in gebieden met hogere berekende mestoverschotten en kleinere arealen natuur, waardoor de berekende nitraatbelasting van het oppervlaktewater in stroomafwaartse richting toeneemt. Deze situatie is tegengesteld aan de omstandigheden in de overige zandgebieden (zie Vissers et al, 1985), waar de berekende nitraatbelasting van het oppervlaktewater in het algemeen in stroomafwaartse richting afneemt.
Ondanks de relatief gunstige positie die het Noordelijk Zandgebied inneemt ten opzicht van de overige zandgebieden, dient te worden opgemerkt dat ook in het studiegebied de berekende nitraatconcentratie in het oppervlaktewater van de hoofdwatergang de norm voor oligotroof oppervlaktewater (0.9 mg NO_3/l) in alle gevallen overschrijdt. De watergangen (sloten, zijbeken, bronbeken) die behoren bij de detailontwatering van de stroomgebieden kunnen echter een andere kwaliteit hebben dan de kwaliteit van de hoofdwatergangen, waarop de berekeningen betrekking hebben. Watergangen die uitsluitend worden gevoed door grondwater afkomstig van natuurgebieden, kunnen onder de norm voor oligotroof oppervlaktewater blijven. Na aantapping door de hoofdwatergang treedt menging op met eutroof of hypertroof oppervlaktewater. Afhankelijk van de mengverhouding zal er een kwaliteitsverbetering van het water in de hoofdwatergang optreden.
Doordat de nitraatconcentratie in het oppervlaktewater in stroomafwaartse richting in het algemeen toeneemt, worden

vooral natuurgebieden in de benedenloop in het geval van inundatie bedreigd door eutrofiëring, temeer doordat ook de bijdrage van andere bronnen dan de landbouw aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in stroomafwaartse richting toeneemt. Door de vergaande kanalisatie van de meeste beken, ook ter hoogte van natuurgebieden, komt inundatie in de benedenlopen echter (vrijwel) niet meer voor. Het inlaten van beekwater in de zomer, dat in de loop van de tijd noodzakelijk is geworden door de verminderde kwel van (diep) grondwater, ten behoeve van de peilbeheersing in deze voedselarme gebieden, zoals onder meer in het dal van de Linde (door It Fryske Gea: Hosper en De Vries, 1987), moet dan ook sterk worden ontraden.
In de bovenlopen is de potentiële bedreiging van natuurgebieden in kwelzones relatief gering door de toestroming van laag-belast grond- en oppervlaktewater.

Ten opzichte van 1983 is de situatie in 1986 in het Noordelijk Zandgebied gunstig. Vrijwel zonder uitzondering worden lagere nitraatconcentraties in het oppervlaktewater berekend. Nog slechts in 4 stroomgebieden (5%) bedraagt de berekende nitraatconcentratie in het oppervlaktewater meer dan 30 mg NO_3/l. Deze gebieden liggen alle aan de uiterste noordzijde (Friese Boezem) en zuidzijde (in het dal van de Overijsselse Vecht) van het studiegebied. In 62% van het aantal stroomgebieden wordt eutroof oppervlaktewater afgevoerd (klasse 1).

4. 4. BEDREIGING VAN DE KWALITEIT VAN HET GRONDWATER DOOR UITSPOELING VAN NITRAAT IN WATERWINGEBIEDEN

4. 4. 1. INLEIDING

De mate waarin de kwaliteit van grondwater, dat wordt gebruikt voor de bereiding van drinkwater, gevaar loopt verontreinigd te raken met uitgespoelde stoffen is afhankelijk van het bodemgbruik binnen het intrekgebied en de geohydrologische opbouw van de ondergrond. In deze studie is uitgegaan van de 25-jaars beschermingszone. Dit is het gebied waarvan wordt verondersteld, dat het onttrokken grondwater niet langer dan 25 jaar in het watervoerend pakket verblijft. Gegevens omtrent het totale voedingsgebied ontbreken. Voor de berekening van de totale omvang hiervan dienen de geohydrologische parameters en het debiet van de winplaats bekend te zijn. Verontreinigingsbronnen, ook buiten dit 25-jaars beschermingsgebied, kunnen na verloop van tijd de kwaliteit van het te winnen water nadelig beïnvloeden.

Tabel 7: Procentuele verdeling van de stroomgebieden naar de nitraatbelasting in de hoofdwatergang (waar deze het stroomgebied verlaat), weergegeven per belastingklasse (zie kaartbijlage 3) voor de situatie 1983 en per zandgebied. Tussen haakjes is het aantal stroomgebieden vermeld.
Ten behoeve van de temporele vatiatie is voor het Noordelijk Zandgebied tevens de situatie 1986 weergegeven.

1983:

Belastingklasse	1	2	3	4	5	totaal %
Klassegrens (mg NO_3/l)	0-13.2	13.3-20	20-30	30-40	>40	
Noordelijk Zandgebied	58 (36)	31 (24)	11 (9)	- -	- -	100
Oostelijk Zandgebied	36 (60)	40 (67)	22 (37)	1 (2)	1 (1)	100
Centraal Zandgebied	40 (23)	31 (18)	7 (4)	6 (3)	16 (9)	100
Zuidelijk Zandgebied	23 (49)	28 (59)	31 (66)	11 (24)	6 (13)	100
Totaal	35	33	22	6	4	100

1986:

Noordelijk Zandgebied	62 (49)	33 (26)	5 (4)	- -	- -	100

Bron: Vissers et al, 1985.
De Wit et al, 1988.

4.4.2. RELATIE LANDGEBRUIK, GEOHYDROLOGIE EN DRINKWATER-KWALITEIT

De samenstelling van het gewonnen freatische grondwater wordt onder meer beïnvloed door de verdeling van het landgebruik (verhouding natuur-cultuur) binnen het intrekgebied. Grondwater afkomstig uit natuurgebieden wordt alleendoor uitspoeling van atmosferische depositie belast en heeft in het algemeen een goede kwaliteit (De Wit et al, 1986). Door verdunning van nitraatrijk grondwater uit landbouwgronden met dit weinig belaste grondwater zal er een verlaging kunnen optreden in het nitraatgehalte van het opgepompte water. In waterwinningen met een groot aandeel natuur in de 25-jaars zone is het nitraatgehalte van rein water in het algemeen het laagst (STOM, 1983).
Ook de ligging van de cultuurgrond ten opzichte van het puttenveld is van belang. Naarmate cultuurgronden zich op grotere afstand van het winningspunt bevinden, is de kwaliteitsafname in het algemeen geringer. Verder weg geïnfiltreerd grondwater volgt diepere stroombanen met geringere snelheden dan het water dat nabij de pompputten is geïnfiltreerd. Bovendien zijn de meeste watervoerende pakketten op grotere diepte anaëroob, waardoor de invloed van denitrificatie op de kwaliteit van verder weg geïnfiltreerd grondwater groter kan zijn. Daarom zullen in dit opzicht met name intensief bemeste bouwlanden in de directe omgeving van de winplaats een sterk negatieve invloed kunnen uitoefenen op de kwaliteit van het te winnen grondwater.

De geohydrologische opbouw van de ondergrond ter plaatse van de winning en de diepte waarop gewonnen wordt zijn van invloed op de mate waarin denitrificatie kan plaatsvinden. Binnen het watervoerend pakket kunnen weerstandbiedende lagen voorkomen, waardoor de verblijftijd toeneemt. Bovendien is het organische stofgehalte van deze lagen vaak groter. Deze factoren hebben een positieve invloed op denitrificatie. In intrekgebieden, die tot het maaiveld uit grove afzettingen bestaan en waar bovendien diepe grondwaterstanden voorkomen, is denitrificatie in de ondergrond gering vanwege aërobe omstandigheden. Deze laatste omstandigheden doen zich bij waterwinningen in het studiegebied nergens voor, met mogelijke uitzondering van de beide winplaatsen in de omgeving van Emmen.
Bij een aantal waterwinningen wordt drinkwater uit meerdere watervoerende pakketten onttrokken, waarna menging plaatsvindt. De diepere pakketten zijn aan de bovenzijde vaak afgesloten door ondoorlatende lagen. Het herkomstgebied van dit spanningswater is moeilijk te achterhalen. Het diepe water is lange tijd geleden geïnfiltreerd en zal daarom minder belast zijn met verontreinigende stoffen dan het water uit freatische watervoerende pakketten.
Ook wordt water onttrokken uit freatische watervoerende pakketten die zijn afgedekt door lagen "met geringe weerstand", zoals de keileem. Onder deze omstandigheden dringen verontreinigingen minder snel door in het watervoerend pakket. De eventuele aanwezigheid van "gaten" in deze slecht doorlatende afdeklaag kan het doordringen van ver-

ontreinigingen sterk versnellen.

4.4.3. KWETSBAARHEID VAN WATERWINGEBIEDEN

De kwetsbaarheid van waterwinningen met betrekking tot de nitraatverontreiniging wordt, naast het lokale mestoverschot, sterk bepaald door de lokale geohydrologische opbouw (STOM, 1983; Van Beek, 1984; Werkgroep Nitraatuitspoeling Waterwingebieden, 1985). Uit nitraatconcentraties in het drinkwater blijkt dat het zinvol is waterwinningen te onderscheiden naar de geohydrologische opbouw binnen het intrekgebied (Vissers et al, 1985). Daarbij is onderscheid mogelijk tussen waterwinningen, waar boven het onttrekkingspunt weerstandbiedende lagen voorkomen en waterwinningen, die vanaf maaiveld tot aan de onttrekkingsdiepte uit doorlatende lagen bestaan. Deze laatste groep freatische winningen bezit een hoge potentiële kwetsbaarheid voor nitraatverontreiniging. Waterwinning uit lagen die afgedekt worden door weerstandbiedende lagen (winning van semi-spanningswater), is door de hogere denitrificatiecapaciteit en hogere ouderdom van het grondwater op onttrekkingsdiepte beter beschermd (STOM, 1983; Vissers et al, 1985).

4.4.4. BESCHRIJVING VAN DE WATERWINNINGEN IN HET NOORDELIJK ZANDGEBIED

Het grootste gedeelte van het Noordelijk Zandgebied kan geohydrologisch worden gekarakteriseerd als een enkelvoudig watervoerend pakket met een dikte van ca. 100 meter, waarvan de basis wordt gevormd door Tertiaire kleien (Formaties van Oosterhout, Scheemda en Breda). Aan de bovenzijde wordt het watervoerend pakket afgesloten door discontinue keileemafzettingen (Formatie van Drenthe), waarvan de weerstand dermate gering is dat de beschermende werking ervan tegen verontreinigingen vanaf het maaiveld in het algemeen als nihil wordt gekenschetst (Waterleidingmaatschappij Drenthe - WMD, 1982). In dit gebied vindt winning plaats van freatisch en/of semi-spanningswater. De winningsdiepte van de geselecteerde pompstations in dit gebied bedraagt 30-90 meter beneden maaiveld.
In de omgeving van Assen en Roden komt in de ondergrond potklei voor (Formatie van Peelo), waardoor het watervoerend pakket ter plaatse in tweeën is gesplitst. Waterwinning in de omgeving vindt uitsluitend plaats uit het tweede watervoerend pakket (spanningswater) (Cattenstart, 1983) en is derhalve niet in het onderzoek betrokken.
Ten zuiden van de lijn Hoogeveen-Meppel is het watervoerend pakket gesplitst door het voorkomen van kleien, behorend tot de Formatie van Tegelen. Waterwinning in deze omgeving vindt plaats uit beide watervoerende pakketten. Tevens is in deze omgeving keileem afwezig (gemengde winning van freatisch- en spanningswater).
In het Friese Weidegebied en de Veenkoloniën vindt op grond van hydrochemische kenmerken van het diepe grondwater (hoog chloride- en/of ammoniumgehalte) geen waterwinning van betekenis plaats.

De berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater binnen het 25-jaars beschermingsgebied van de pompstations kent een spreiding die in het algemeen overeenkomt met de regionale verschillen in de berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater (kaartbijlage 2). De gemiddelde nitraatconcentratie in het opgepompte grondwater (rein water) bedroeg in de periode 1975-1981 voor alle waterwinningen minder dan 5 mg NO_3/l en vertoont geen duidelijke tendens. Wel is in 1982 vastgesteld, dat in een aantal waarnemingsputten rond de waterwinning Emmen het nitraatgehalte in het grondwater hoger was dan in het van grotere diepte opgepompte drinkwater. Dit betekent dat de (recente) nitraatverontreiniging van het grondwater nog niet tot de winningsdiepte is doorgedrongen. Op grond hiervan moeten de waterwinningen in dit gebied als kwetsbaar voor verontreiniging worden geclassificeerd, ondanks de gemiddeld lage berekende belasting van het ondiepe grondwater.
De waterwinningen in het zuiden van het studiegebied worden gekenmerkt door een relatief hoge berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater. Het ontbreken van een weerstandbiedende afdekkende laag maakt de waterwinningen in dit gebied potentieel kwetsbaar voor verontreiniging met nitraat. Doordat echter ook water wordt gewonnen uit het tweede watervoerend pakket is de werkelijke bedreiging waarschijnlijk gering.

HOOFDSTUK 5: EVALUATIE

5.1. INLEIDING

In deze studie is een beeld geschetst van de ruimtelijke verschillen in de belasting van het grondwater door de toepassing van mest op cultuurgrond en de gevolgen hiervan voor de functies natuur en waterwinning. Daartoe zijn, uitgaande van de mestdoseringen van 1983 en 1986, gemiddelde nitraatconcentraties berekend in stroomgebieden van ondiep grondwater en in 25-jaarszones van waterwinningen die uit het freatisch pakket onttrekken. In tegenstelling tot de overige zandgebieden, is in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën op korte en langere termijn geen doorslag van fosfaat te verwachten, met uitzondering van zwaar bemeste percelen en/of omstandigheden van lage fosfaatsorptiecapaciteit.
Centraal in dit onderzoek staat de vraag waar en in welke mate waterwinningen en natuurterreinen, die door grondwater worden gevoed, gevaar lopen in hun functioneren te worden bedreigd. Gebieden waar toestroming van grondwater plaatsvindt (kwelzones) hebben in het algemeen een hoge potentiële ecologische waarde, die tot uiting kan komen in een grote diversiviteit aan levensgemeenschappen. Door ontwateringswerkzaamheden ten behoeve van onder meer de landbouw zijn kwelgebieden in de afgelopen decennia sterk in kwaliteit en omvang afgenomen, of zelfs geheel verdwenen. De verontreiniging van het grondwater met nutriënten heeft eveneens een sterke kwaliteitsafname tot gevolg.
Om de restanten van waardevolle kwelmilieus voor een verdere achteruitgang te behoeden, dienen maatregelen te worden genomen. Deze beheersmaatregelen kunnen daarnaast tot doel hebben gedegradeerde kwelmilieus weer in kwaliteit te doen toenemen. Een eerste selectie voor gebieden waar de condities het meest gunstig zijn voor de bescherming c.q. ontwikkeling van waardevolle natuurterreinen, kan worden gemaakt met behulp van een geïntegreerd gebruik van kaartbijlage 1 en de kaartbijlagen 2 en 3. Een gedetailleerd hydrologisch en ecologisch onderzoek blijft voor het nemen van beheersmaatregelen noodzakelijk, aangezien de factoren die van invloed zijn op de kwaliteitsafname en de horizontale ruimtelijke relaties van plaats tot plaats sterk kunnen variëren.
Stroomgebieden die in geringe mate belast zijn, kunnen ook in aanmerking komen voor een toekomstige onttrekking van drinkwater. Bij de uiteindelijke keuze van een geschikte lokatie spelen echter ook diverse hydrologische en bedrijfseconomische aspecten een rol.

In dit hoofdstuk zal een overzicht worden gegeven van de potentiële bedreiging van de onderscheiden stroomgebieden in het algemeen, en de natuurterreinen in kwelzones en waterwingebieden in het bijzonder. Tevens zal worden ingegaan op mogelijke beheersmaatregelen voor kwelmilieus.

5. 2. CLASSIFICATIE VAN STROOMGEBIEDEN, WATERWINGEBIEDEN EN GRONDWATERAFHANKELIJKE NATUURGEBIEDEN NAAR (POTENTIELE) BEDREIGING

5. 2. 1. STROOMGEBIEDEN

De stroomgebieden zijn ingedeeld op grond van het berekende gemiddelde nitraatgehalte in het ondiepe grondwater en het uittredende grondwater en, ter vergelijking met de overige pleistocene zandgebieden (Vissers et al, 1985), tevens op grond van de fosfaatbelasting van het ondiepe grondwater. Met betrekking tot de potentiële drinkwaterfunctie is voor de nitraatbelasting uitgegaan van de MTC-norm. Ten aanzien van de functie natuur in de kwelzones is de eutrofiëringsnorm voor oppervlaktewater gehanteerd. Uitgaande van deze normen wordt aangegeven welke grondwaterafhankelijke milieus worden bedreigd en waar mogelijkheden bestaan voor de ontwikkeling van waardevolle kwelmilieus en eventueel onttrekking van grondwater voor de drinkwatervoorziening.
De classificatie naar de mate waarin bedreiging kan plaatsvinden, is weergegeven in figuur 16 en kaart 7. Kwelzones die in agrarisch gebruik zijn, kunnen worden omgezet in waardevolle terreinen met een grote mate van diversiteit aan plantesoorten, met name indien deze zijn gelegen in stroomgebieden waar het grondwater slechts in geringe mate met meststoffen is belast. In thans reeds zwaar belaste stroomgebieden kunnen alleen door kostbare ingrepen en na vele jaren positieve resultaten worden behaald.

5. 2. 1. 1. NITRAAT

De mate waarin de belasting van het grondwater met nitraat gevolgen zal hebben voor de kwaliteit van de kwelmilieus en het drinkwater kan worden weeregeven met behulp van de MTC voor drinkwater (50 mg NO_3/l). Op grond van deze norm zijn de stroomgebieden met betrekking tot het ondiepe grondwater ingedeeld in:
- stroomgebieden waarbinnen de omstandigheden relatief gunstig zijn voor de winning van grondwater voor de drinkwaterbereiding en waar kwelgebieden in relatief geringe mate met nutriënten worden belast (gemiddelde nitraatconcentratie < MTC);
- stroomgebieden waarbinnen het grondwater ongeschikt wordt voor de bereiding van drinkwater, en kwelgebieden potentieel worden bedreigd als gevolg van de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater (gemiddelde nitraatconcentratie > MTC).

Bij deze indeling is uitgegaan van 80% denitrificatie in de bovengrond.
Aangenomen wordt dat het grondwater, dat in kwelgebieden binnen het bereik van plantewortels kan komen, dezelfde nitraatbelasting heeft als het naar het oppervlaktewater uittredende grondwater in die gebieden. Dit betekent dat, als gevolg van denitrificatie in de verzadigde zone en menging van grondwater van verschillende ouderdom, het nitraatgehalte van het grondwater in kwelgebieden is afgenomen tot 30% van de gemiddelde belasting van het ondiepe

grondwater in het hele stroomgebied (zie paragraaf 3. 3. 3.).

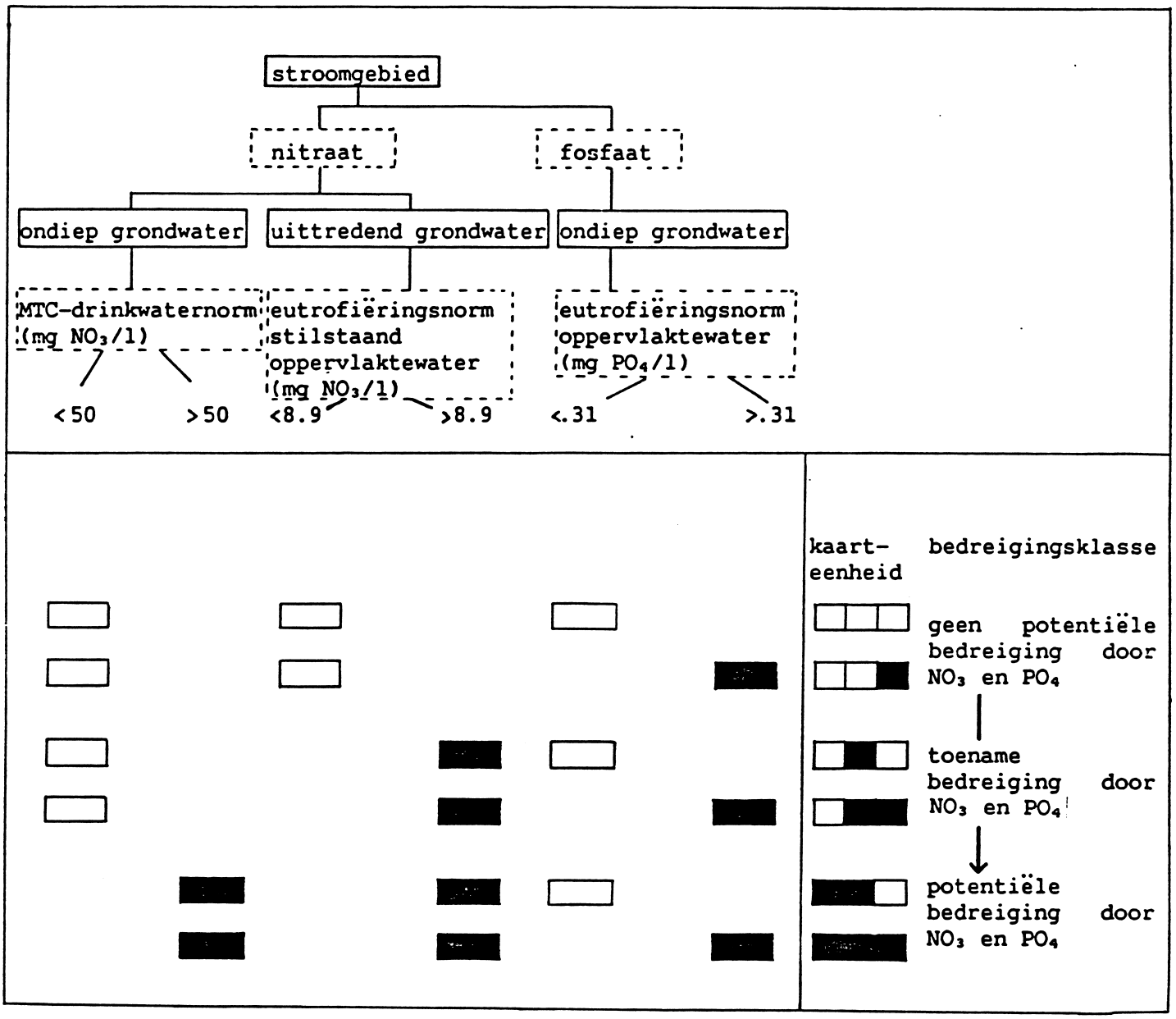
Menging van grondwater geldt voor de toestroming naar oppervlaktewater en mogelijk ook voor kwelgebieden als geheel, maar niet voor afzonderlijke planten. Het toestromende kwelwater zal voor elke groeiplaats vanuit een ander gedeelte van het infiltratiegebied afkomstig zijn, waardoor binnen kwelgebieden variaties in de kwaliteit van het kwelwater kunnen optreden. In deze studie wordt, vanwege de schaal van onderzoek, uitgegaan van gemiddelden. Een nitraatreductie van 70% in de verzadigde zone wordt daarom ook voor de kwelgebieden aangehouden.
Indien het grondwater dat naar natuurgebieden in kwelzones toestroomt bepaalde nitraatconcentraties overschrijdt zullen (mits fosfaat in voldoende mate aanwezig is) veranderingen in de vegetatiesamenstelling optreden. Als grens is de eutrofiëringsnorm voor stilstaande wateren (8. 9 mg NO_3/l) gehanteerd. De stroomgebieden zijn op grond van deze waarde ingedeeld in:
- stroomgebieden waarbinnen het uittredende grondwater geen potentiële bedreiging vormt voor de aanwezige grondwaterafhankelijke natuurgebieden en waar in de kwelzones waardevolle natte-vochtige natuurgebieden tot ontwikkeling kunnen komen (gemiddeld nitraatgehalte < 8. 9 mg NO_3/l);
- stroomgebieden waarbinnen het uittredende grondwater een potentiële bedreiging vormt voor de grondwaterafhankelijke natuurgebieden, en waardevolle kwelzones alleen na uitgebreide beheersmaatregelen tot ontwikkeling gebracht kunnen worden (gemiddeld nitraatgehalte > 8. 9 mg NO_3/l).

5. 2. 1. 2. FOSFAAT

Algemeen wordt aangenomen dat fosfaatuitspoeling door overmatige bemesting (nog) niet optreedt. Op korte termijn is dan ook, in tegenstelling tot het Centraal en Zuidelijk Zandgebied, in het Noordelijk Zandgebied geen verontreiniging van het ondiepe grondwater te verwachten (zie paragraaf 3. 5.). Op grond hiervan is aangenomen dat de gemiddelde fosfaatconcentratie van het ondiepe grondwater de eutrofiëringsnorm voor oppervlaktewater (0. 31 mg PO_4/l), onder aanname dat in de verzadigde zone geen verandering in de fosfaatconcentratie meer optreedt (Vissers et al, 1985), niet overschrijdt.
Hieruit volgt dat de stroomgebieden in het Noordelijk Zandgebied, op grond van de geringe fosfaatuitspoeling, alle in principe geschikt zijn voor het behoud en de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurgebieden.

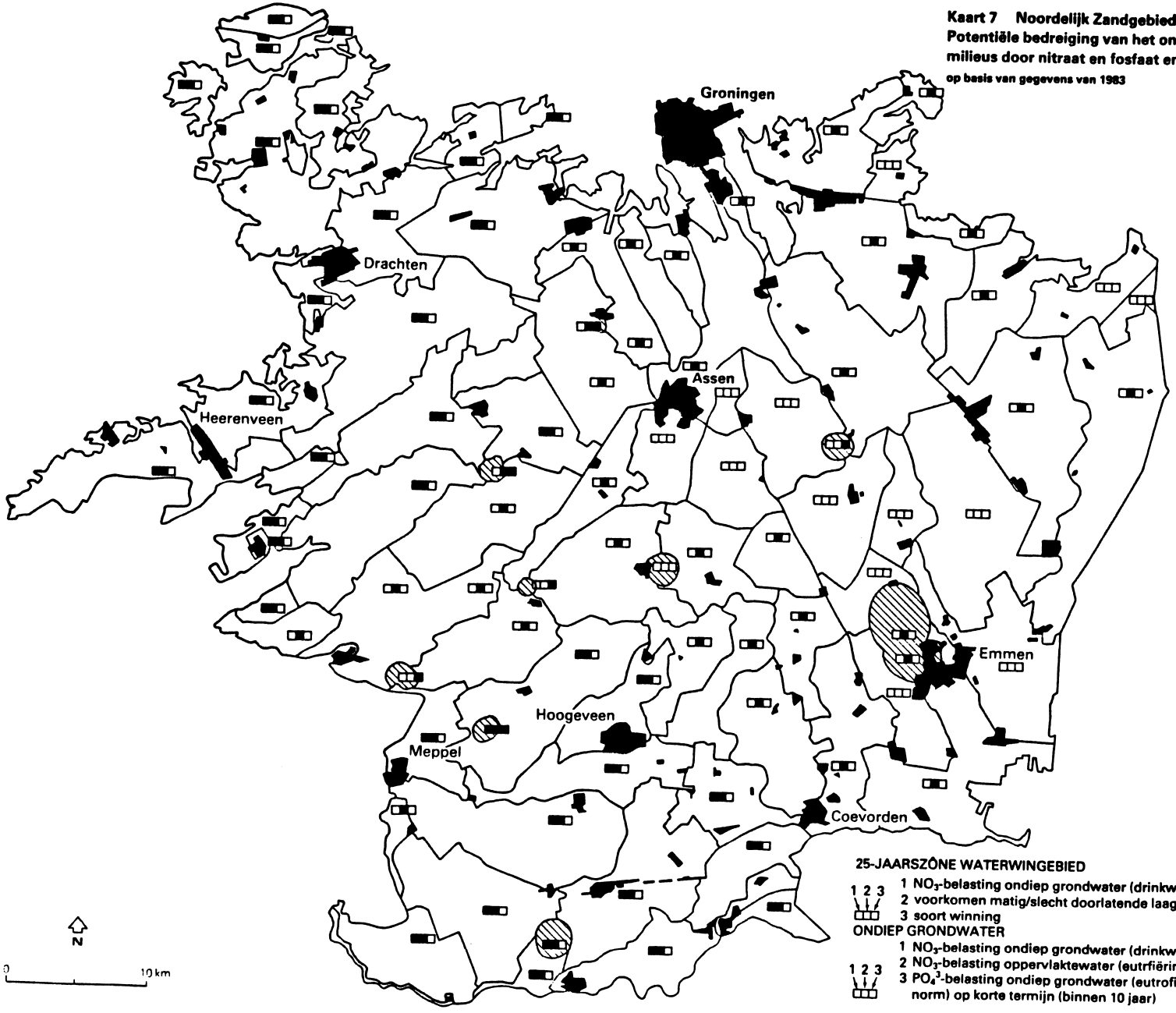
In de volgende paragrafen is de actuele bedreiging door nitraat van de huidige grondwaterafhankelijke natuurgebieden, en van de stroomgebieden die overeenkomen met de 25-jaarszones van de geselecteerde waterwinningen, volgens specifieke criteria nader uitgewerkt.

Figuur 16: Potentiële bedreiging van het ondiepe grondwater en grondwaterafhankelijke milieus in stroomgebieden als gevolg van verontreiniging met nitraat en fosfaat



Bron: Vissers et al, 1985

Kaart 7 Noordelijk Zandgebied
Potentiële bedreiging van het ondiepe grondwater en grondwaterafhankelijke milieus door nitraat en fosfaat en kwetsbaarheid van waterwingebieden
op basis van gegevens van 1983



grens stroomgebied

25-jaarszône waterwingebied

25-JAARSZÔNE WATERWINGEBIED

1 2 3
1 NO_3-belasting ondiep grondwater (drinkwaternorm)
2 voorkomen matig/slecht doorlatende laag
3 soort winning

ONDIEP GRONDWATER

1 2 3
1 NO_3-belasting ondiep grondwater (drinkwaternorm)
2 NO_3-belasting oppervlaktewater (eutrfiëringsnorm)
3 PO_4^3-belasting ondiep grondwater (eutrofiërings-norm) op korte termijn (binnen 10 jaar)

geen potentiële bedreiging	potentiële bedreiging
⩽ 50 mg/l aanwezig ondiep en diep	> 50 mg/l afwezig ondiep
⩽ 50	> 50 mg NO_3/l
⩽ 8.9	> 8.9 mg NO_3/l
⩽ .31	> .31 mg PO_4^3/l

5.2.2. WATERWINGEBIEDEN

De drinkwaterwinning is gebaat bij een goede kwaliteit van het grondwater. Door overmatig mestgebruik binnen het intrekgebied kan het onttrokken grondwater verontreinigd raken met meststoffen. Met name nitraatkan in de toekomst gevaar opleveren voor de volksgezondheid. Van alle waterwinningen in het studiegebied zijn de winningen van freatisch grondwater en de gemengde winningen van freatisch en semi-spanningswater het meest kwetsbaar voor verontreinigingen. Deze winningen zijn verder ingedeeld op grond van de potentiële kwetsbaarheid ten aanzien van de nitraatbelasting van het te onttrekken grondwater.
De classificatie heeft tot doel na te gaan in welke onttrekkingen, bij handhaving van de huidige mestdoseringen, de drinkwaterfunctie in gevaar kan komen. Tevens kunnen de gevolgen van een toename in de mstdosering worden afgeleid.

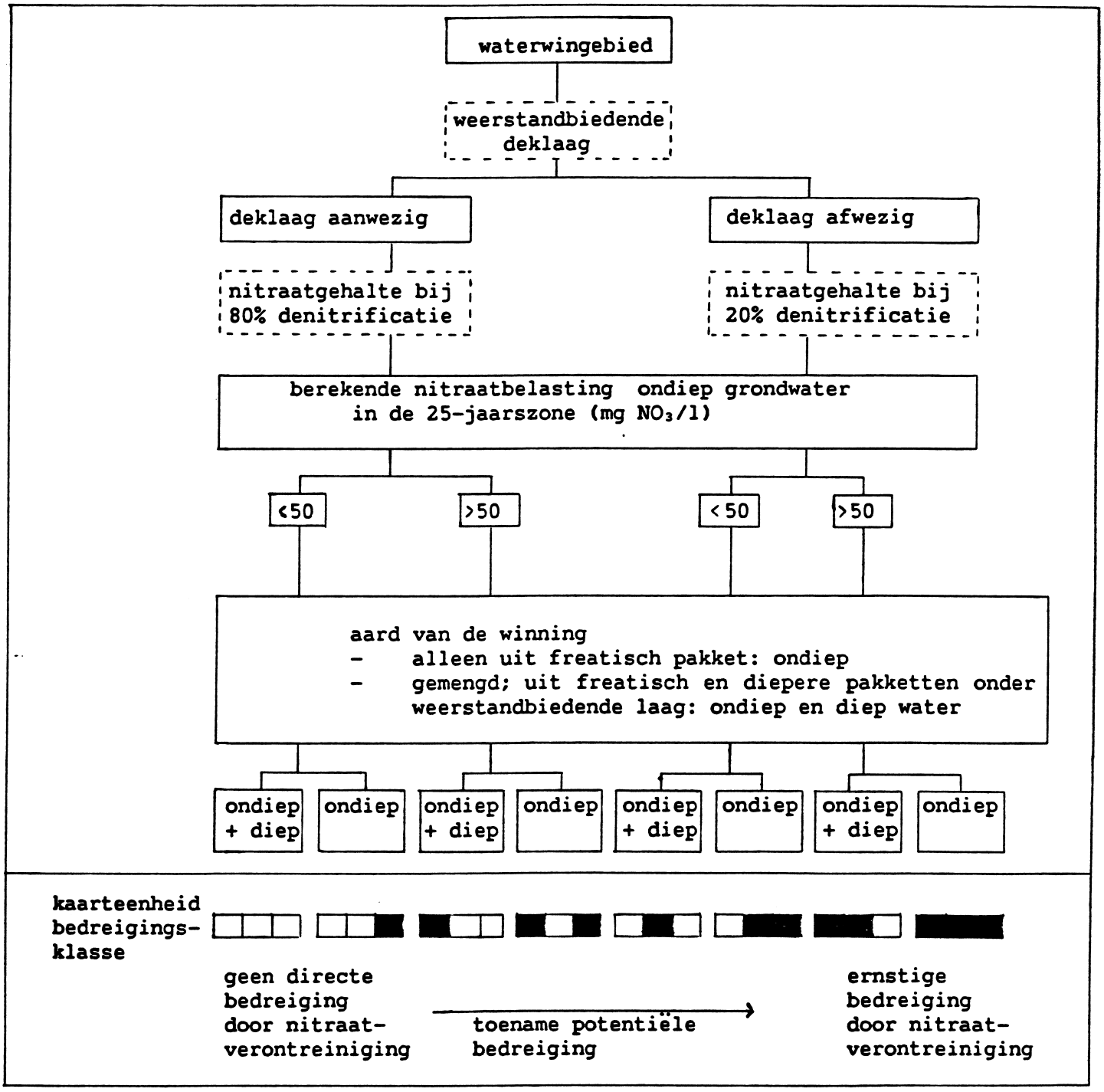
Waterwingebieden, waar binnen de 25-jaarszone de berekende nitraatbelasting van ondiep grondwater de MTC voor drinkwater overschrijdt, worden als potentieel bedreigd beschouwd. In hoeverre deze belasting ook in het te onttrekken grondwater aanwezig zal zijn is afhankelijk van de geohydrologische opbouw van het intrekgebied. Waterwinningen die vanaf het maaiveld tot onttrekkingsdiepte uit grove afzettingen zijn opgebouwd kunnen als zeer kwetsbaar worden aangeduid vanwege de geringe mogelijkheden voor denitrificatie in het watervoerend pakket. Indien weerstandbiedende lagen aanwezig zijn neemt de mogelijkheid voor denitrificatie toe en de verticale stroomsnelheid af, waardoor ook de kwetsbaarheid voor nitraat zal afnemen. In een aantal winningen wordt uit meerdere pakketten (veelal diepere pakketten die afgesloten worden door weerstandbiedende lagen) onttrokken. Het diepe grondwater heeft in het algemeen een geringe belasting. Het drinkwater (mengwater) zal dientengevolge een betere kwaliteit hebben dan wanneer uitsluitend uit de bovenste pakketten wordt onttrokken.

Het classificatieschema van de waterwingebieden is weergegeven in figuur 17. De geclassificeerde waterwinningen zijn afgebeeld op kaart 7.

5.2.3. GRONDWATERAFHANKELIJKE NATUURGEBIEDEN

In natuurgebieden die deel uitmaken van kwelzones kan door toevoer van nutriënten (met name nitraat en fosfaat) uit landbouwgebieden eutrofiëring optreden. Onder de huidige omstandigheden zal nitraat vooral via het grond- en oppervlaktewater worden getransporteerd. Een eventuele aanvoer van fosfaat zal geschieden door oppervlakkige afspoeling vanaf landbouwgronden en door inundatie van oppervlaktewater.
Door de toestroming van grondwater en de inundatie van oppervlaktewater kunnen deze stoffen in natuurgebieden, die deel uitmaken van kwelzones, terechtkomen. Indien de concentraties in het water een bepaalde waarde overschrijden kan eutrofiëring optreden, hetgeen een bedreiging vormt

Figuur 17: Kwetsbaarheid van waterwingebieden (freatisch, en gemengd freatisch en semi-spanningswater) ten aanzien van de berekende nitraatbelasting van ondiep grondwater en lokale geohydrologische opbouw



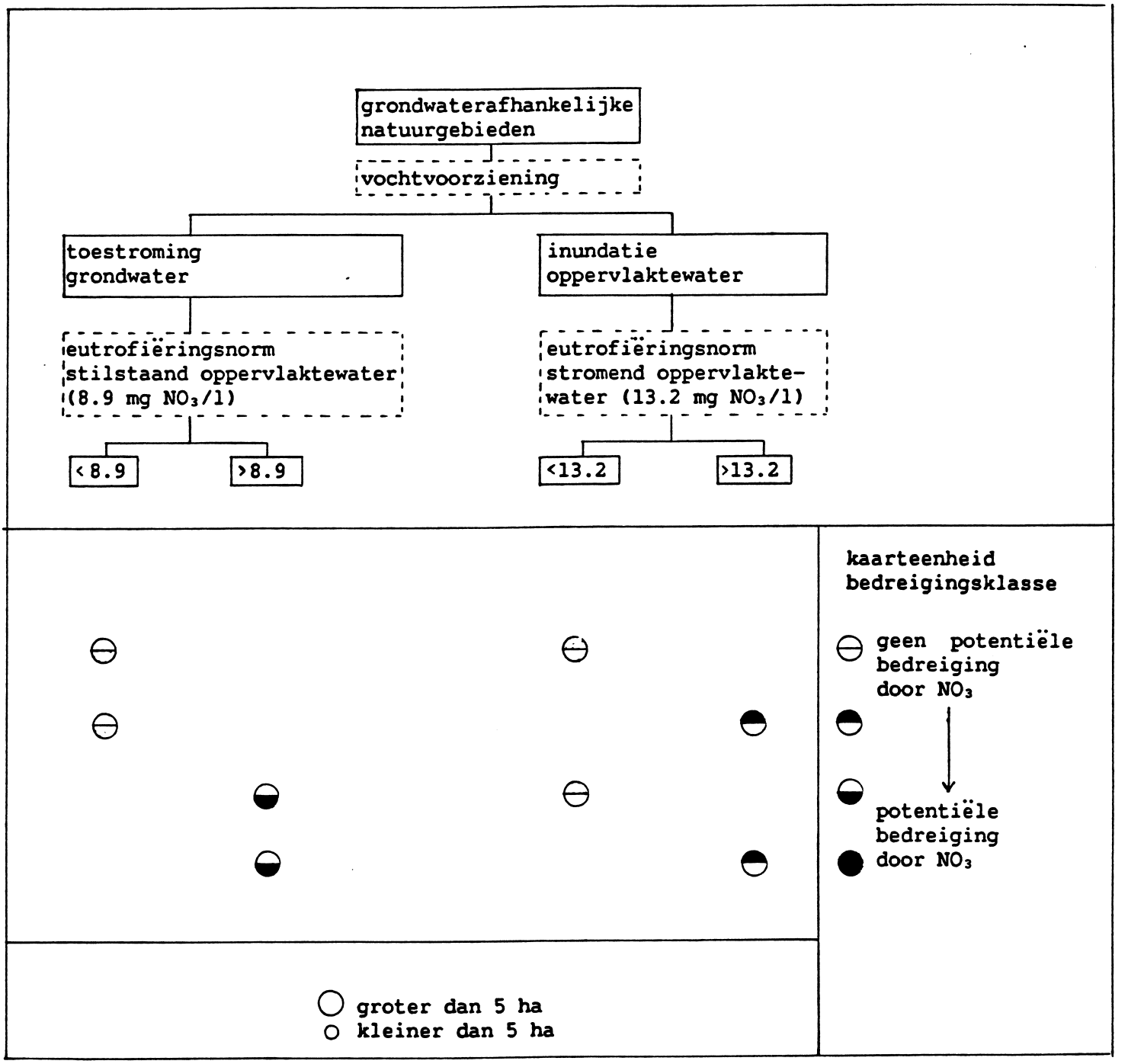
Bron: Vissers et al, 1985

voor de oorspronkelijke grondwaterafhankelijke vegetaties. Aangezien verontreiniging door fosfaat sterk afhankelijk is van de lokale omstandigheden en omdat de fosfaatbelasting van het grondwater (nog) vrijwel niet voorkomt, is deze stof verder buiten beschouwing gelaten.
Eutrofiëring door nitraat treedt op indien de concentratie in het aangevoerde grondwater meer dan 8.9 mg NO_3/l (IMP-eutrofiëringsnorm voor stilstaande oppervlaktewateren) en in het inundatiewater meer dan 13.2 mg NO_3/l (CUWVO-eutrofiëringsnorm voor stromende oppervlaktewateren) bedraagt. Onder deze omstandigheden wordt ook wel van hypertroof water gesproken.
De indeling van de grondwaterafhankelijke natuurterreinen naar potentiële bedreiging door nitraat is weergegeven in figuur 18. Hierbij is ervan uitgegaan dat de vochtvoorziening geschiedt door zowel toestroming van grondwater als inundatie met oppervlaktewater. De classificatie van stroomgebieden, waarbinnen deze terreinen voorkomen, is ruimtelijk weergegeven in kaart 8. De stroomgebieden zijn verder ingedeeld in:
- stroomgebieden met geïsoleerde grondwaterafkankelijke natuurterreinen die alle kleiner zijn dan 5 ha;
- stroomgebieden met kleine en grotere (> 5ha) natuurterreinen.

In het algemeen zijn kleinere grondwaterafhankelijke natuurterreinen gevoeliger voor verstoring dan grote natte terreinen of kleine eenheden die deel uitmaken van een groter (niet vochtig) natuurgebied (kaartbijlage 1).

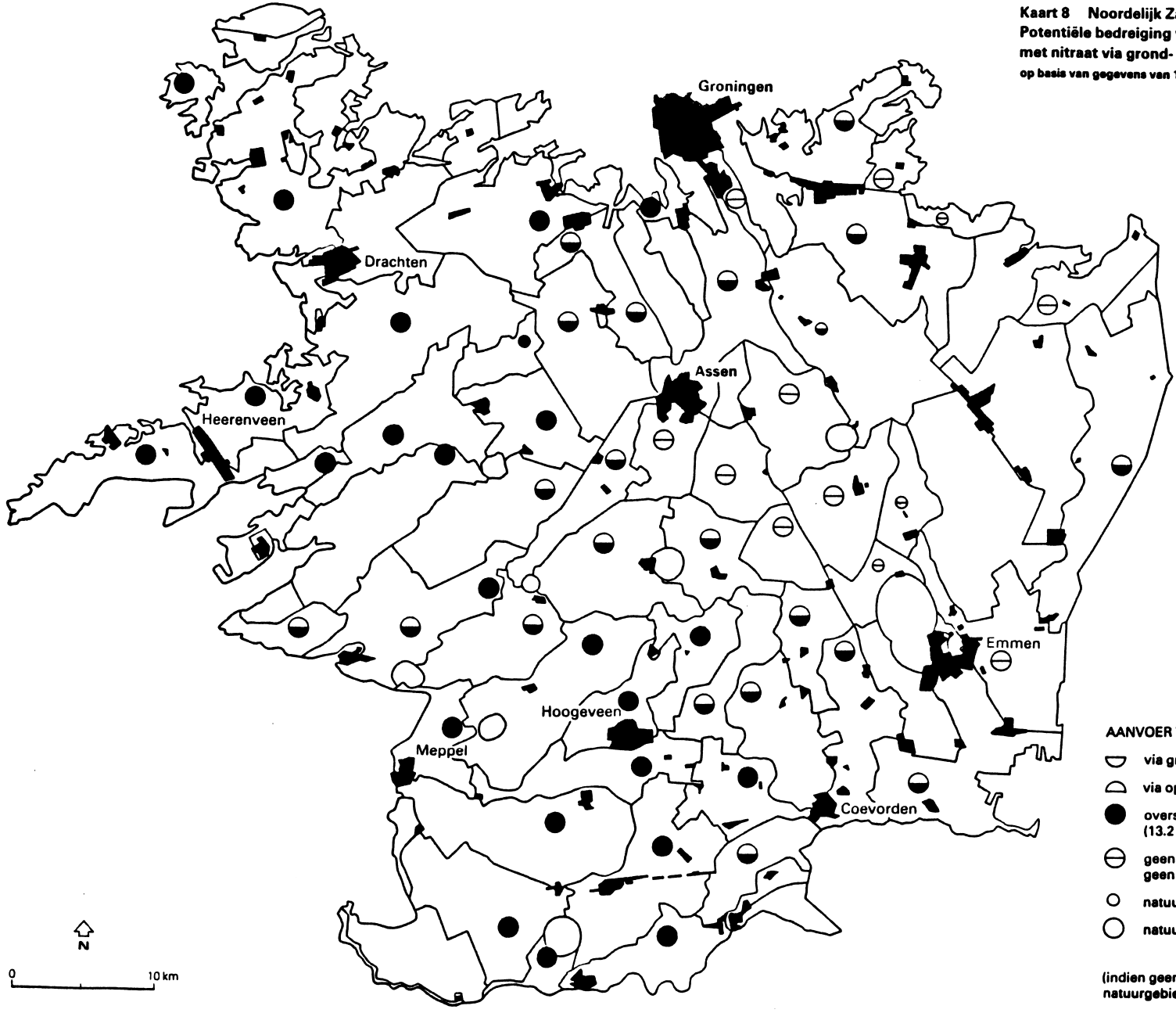
Kaarten 7 en 8 geven een globaal beeld van de bedreiging van kwelzones en waterwinningen respectievelijk grondwaterafhankelijke natuurgebieden door nitraat als gevolg van overmatig mestgebruik binnen het stroomgebied waartoe deze behoren. Tal van andere processen, veroorzaakt door uiteenlopende bronnen, kunnen eveneens een kwaliteitsafname van deze gebieden tot gevolg hebben. Deze zijn echter niet op de kaarten weergegeven.
In de praktijk kunnen in stroomgebieden waarbinnen als zodanig geen bedreiging zal optreden (nitraatbelasting kleiner dan de eutrofiëringsnorm) door lokale omstandigheden de drinkwater- en (potentiële) natuurfunctie in gevaar worden gebracht. Deze situatie zal zich voordoen indien intensief bemeste landbouwgronden bovenstrooms van natuurterreinen in kwelzones, of nabij het pompstation aanwezig zijn. Met name cultuurgronden die worden gebruikt voor het wegwerken van mestoverschotten en die grenzen aan natuurterreinen vormen door uitspoeling en afspoeling een ernstige bedreiging. In het algemeen zal deze ruimtelijke samenhang met dergelijke dumppercelen vaker voorkomen in stroomgebieden die tot de hogere belastingklassen behoren.

Figuur 18: Potentiële bedreiging van grondwaterafhankelijke natuurgebieden met nitraat via grond- en oppervlaktewater



Bron: Vissers et al, 1985

Kaart 8 Noordelijk Zandgebied
Potentiële bedreiging van grondwaterafhankelijke natuurgebieden met nitraat via grond- en oppervlaktewater
op basis van gegevens van 1983



AANVOER VAN NITRAAT

- via grondwater (uittredend in waterlopen en kwelzônes)
- via oppervlaktewater (inundatie vanuit watergang)
- overschrijding eutrofiëringsnorm (13.2 mg NO_3/l): potentiële bedreiging } voor stromend oppervlaktewater
- geen overschrijding eutrofiëringsnorm: geen potentiële bedreiging } voor stromend oppervlaktewater
- natuurgebied met geringe omvang < 5 ha
- natuurgebied met omvang van meer dan 5 ha

(indien geen ⊖, dan zijn er geen grondwaterafhankelijke natuurgebieden van betekenis aanwezig)

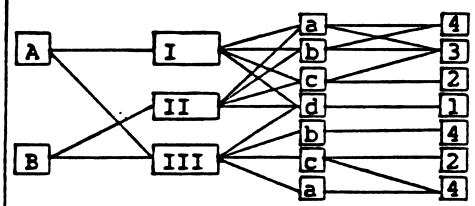
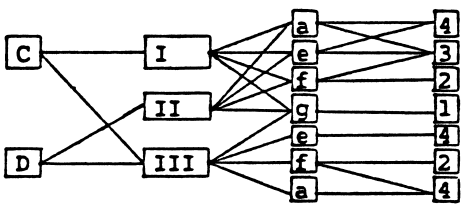
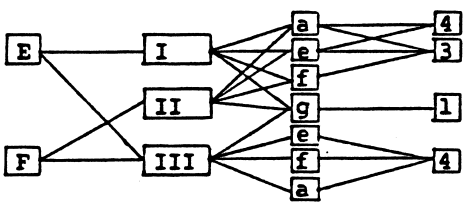
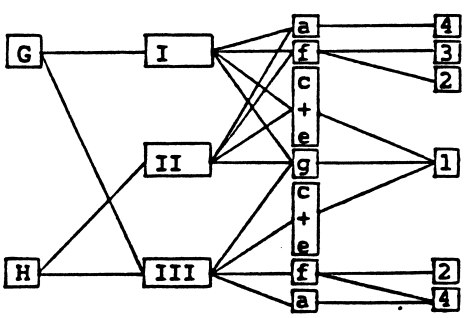
5. 3. BESCHERMING VAN NATUURLIJKE ECOSYSTEMEN IN KWELGEBIEDEN

Binnen de gestelde randvoorwaarden ontstaat ook in delen van het Noordelijk Zandgebied een somber beeld ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling van vele ecologisch waardevolle systemen in kwelmilieus. Doordat in veel gevallen het grondwater meer of minder is belast met nutriënten als gevolg van bemesting bestaat het gevaar dat dergelijke ecosystemen worden geëutrofieerd. De thans nog aanwezige plantesoorten zullen door deze ontwikkelingen uit veel natuurterreinen verdwijnen en plaats maken voor zeer algemene soorten.
De mate waarin eutrofiëring kan plaatsvinden, indien geen beperkende maatregelen ten aanzien van het mestgebruik worden gesteld, is in hoofdstuk 4 behandeld. Op kaarten is per stroomgebied aangegeven of de eutrofiëringsnorm voor de nitraatbelasting van het grond- en oppervlaktewater wordt overschreden en in welke mate dat gebeurt (kaartbijlagen 2 en 3). In paragraaf 5. 2. is aangegeven in welke stroomgebieden de grondwaterafhankelijke natuurterreinen, volgens deze normen gevaar lopen voor eutrofiëring, of reeds geëutrofieerd zijn. Uit kaartbijlage 1 blijkt, dat er nog vele -meestal kleine- vochtige natuurterreinen aanwezig zijn in de kwelzones van stroomgebieden, waar de normen volgens de berekeningen worden overschreden.
In die gevallen waar vochtige natuurgebieden deel uitmaken van grotere complexen, die tot aan de waterscheiding doorlopen, mag worden verwacht dat zelfs in stroomgebieden, waarvan het ondiepe grondwater tot boven de eutrofiëringsnorm is belast, uit overwegingen van natuurbehoud geen bijzondere beperkingen ten aanzien van het mestgebruik of hydrologische maatregelen nodig zijn. Is het oppervlaktewater dat het stroomgebied inkomt (kaartbijlage 3) echter voedselrijk door uitspoeling van meststoffen in stroomopwaarts gelegen stroomgebieden, dan dienen toch maatregelen te worden genomen. In of rondom de betrokken natuurterreinen zullen voorzieningen moeten worden aangebracht die overstroming met dit oppervlaktewater voorkomen, of die zorgen voor kwaliteitsverbetering in het bovenstroomse gebied (bijv. door beperking van de mestdoseringen).
Indien de vochtige natuurterreinen grenzen aan cultuurgronden, die deze terreinen van grondwater voorzien, zullen meestal regulerende maatregelen noodzakelijk zijn om de ecologische waarden ook op langere termijn te kunnen handhaven. Teneinde alle potentiële verontreinigingsstromen uit te schakelen, dienen deze maatregelen betrekking te hebben op het gehele gebied tussen het natuurterrein en de waterscheiding van het betreffende stroomgebied, of tot de ontwateringsbasis die zich het meest nabij het natuurterrein bevindt. In stroomgebieden waar in het uittredende grondwater de eutrofiëringsnorm nu reeds wordt overschreden, is reductie van de mestdoseringen noodzakelijk. In gebieden waar de norm nog niet wordt overschreden, zal toename van het mestgebruik moeten worden voorkomen. Onder omstandigheden dat mestbeperkingen (nog) niet tot de mogelijkheden behoren, zullen hydrologische ingrepen wenselijk zijn om de watervoorziening van vochtige ecosystemen te

scheiden van het grondwatersysteem.
Indien het oppervlaktewater niet is geëutrofieerd en door maatregelen bovenstrooms niet zal worden, kan dit water voor de vochtvoorziening van vochtig-natte natuurterreinen worden gebruikt. In andere gevallen zal, veelal tegen hoge kosten, schoon grondwater van elders uit het stroomgebied of uit andere stroomgebieden moeten worden aangevoerd, of van grote diepte worden opgepompt. Bij daling van de grondwaterstand zal, zonder een aanvullende watervoorziening, als gevolg van mineralisatie eutrofiëring optreden die slechts zeer moeizaam kan worden teruggedrongen.

De verschillende beheersmaatregelen, die nodig worden geacht voor het behoud van ecologische waarden van vochtige-natte natuurterreinen op langere termijn, zijn schematisch weergegeven in figuur 19. Het schema omvat alle voorkomende gevallen van eutrofiëring door toestroming van met meststoffen belast grond- en oppervlaktewater. Voor elke belastingssituatie zijn meerdere mogelijkheden aangegeven om de bescherming tegen eutrofiëring op lange termijn te verwezelijken (tabel 8 en figuur 19).
Aangenomen is dat bij uitblijven van beperkende maatregelen, de mestdoseringen en daardoor de belasting van grond- en oppervlaktewater nog zullen toenemen. Dit geldt in mindere mate voor het Noordelijk Zandgebied als wel voor de overige zandgebieden (zie hoofdstuk 1). Zonder de toepassing van de beheersmaatregelen bij de diverse aangegeven omstandigheden, zullen de waardevolle vochtig-natte natuurterreinen, voor zover ze die waarde ontlenen aan het voorkomen van minder algemene en plaatselijk zeldzame tot zeer zeldzame plantesoorten, hun waarde verliezen als gevolg van eutrofiëring.

Figuur 19: Schema van de verschillende mogelijkheden van maatregelen van extern beheer van vochtige natuurterreinen in relatie tot de bedreiging via grond- en oppervlaktewater

Belasting van grond- en oppervlaktewater in het stroomgebied van het natuurterrein			Beheersmogelijkheden zijn van links naar rechts weergegeven als combinaties van de maatregelen zoals vermeld in tabel 8 Verbindingslijnen betekenen: en Divergentie van verbindingslijnen: of Betekenis cijfers en letters zie tabel 8
grondwater nitraat N = norm	fosfaat-uispoeling	instromend oppervlaktewater nitraat N = norm	
< N	25 jaar	< N	
< N	25 jaar	> N	
> N	25 jaar	< N	
> N	25 jaar	> N	
> N	0-10 jaar	< N	
> N	0-10 jaar	> N	
< N	0-10 jaar	< N	
< N	0-10 jaar	> N	

Bron: Vissers et al, 1985

Tabel 8: Overzicht beheersmaatregelen voor behoud van de vochtvoorziening en beperking van de eutrofiëring van vochtige natuurterreinen (behorende bij figuur 19)

Maatregelen betreffende het oppervlaktewater

I Geen verhoging van de mestdosering in stroomgebieden bovenstrooms van die waar het natuurgebied in ligt
II Terugdringen van mestdoseringen in stroomgebieden
III De kans op overstroming met oppervlaktewater, dat afkomstig is van bovenstroomse gebieden, verkleinen of voorkomen

Maatregelen betreffende het grondwater

a geen maatregelen
b geen verhoging van mestdoseringen in de kwelzone van het stroomgebied
c geen verhoging van mestdoseringen in de infiltratiezone van het stroomgebied
d geen verhoging van mestdoseringen in het gehele stroomgebied
e terugbrengen van mestdoseringen in de kwelzone van het stroomgebied
f terugbrengen van mestdoseringen in de infiltratiezone van het stroomgebied
g terugbrengen van mestdoseringen in het gehele stroomgebied

Hydrologische maatregelen voor een alternatieve watervoorziening

1 geen maatregelen
2 maatregelen ter beperking van de toestroming van ondiep grondwater uit de direkte omgeving door rechtstreekse aanvoer van grondwater uit het infiltratiegebied (afdammingen en aanleg slotenstelsel)
3 maatregelen die de aanvoer van grondwater voorkomen door de aanvoer van weinig belast water van elders (grond- of oppervlaktewateraanvoer via buizenstelsel)
4 maatregelen die de aanvoer van grondwater voorkomen door de aanvoer van weinig belast van ver weg (oppervlaktewater uit een ander stroomgebied; grondwater uit diepe watervoerende pakketten)

Bron: Vissers et al, 1985

Toepassing van het schema

Het externe beheer van een vochtig natuurgebied, gelegen in een stroomgebied waarvoor geldt dat de berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater en van inkomend oppervlaktewater hoger is dan de eutrofiëringsnorm, kan op de volgende wijze worden aangepakt (situatie D in figuur 19):

- eerst wordt onderzocht of mestgiftbeperking in het bovenstroomse gebied mogelijk en haalbaar is (D-II). Indien dit niet het geval is, zal automatisch voor de lijkn D-III (voorkoming van overstromingen) gekozen moeten worden. Dit is noodzakelijk anders, welke verdere maatregelen voor intern of extern beheer ook worden uitgevoerd, het betrokken natuurterrein zal worden geëutrofieerd. Is gekozen voor D-III, dan zullen ter beperking van de toestroming van met nitraat verontreinigd grondwater, in het stroomgebied zelf mestbeperkende maatregelen genomen moeten worden (g). Gebeurt dit slechts in de infiltratiezone van het stroomgebied (f), dan zijn aanvullende hydrologische maatregelen noodzakelijk om beïnvloeding van het natuurterrein vanuit aangrenzende cultuurgronden te voorkomen (2).
- Maatregel e (beperkingen in de nabije omgeving) heeft, evenals het achterwege laten van iedere maatregel (a), tot gevolg dat het betrokken natuurgebied op den duur alleen nog in stand kan worden gehouden door de aanvoer van diep grondwater of onbelast grond-/oppervlaktewater van ver weg (4).

Binnen het kader van de te nemen maatregelen of te stellen beperkingen aan de toename van mestdoseringen kan in verband met deze problematiek ook de herbestemming van cultuurgrond tot natuurgebied worden genoemd. Ook dit leidt immers op den duur tot een gemiddeld lagere belasting van grond- en oppervlaktewater.

Voor elke combinatie van mogelijke eutrofiëring (A t/m H) ziojn aldus sets van beheersmaatregelen te geven. In het algemeen zal echter steeds aanvullend specifiek lokaal onderzoek noodzakelijk zijn. Ter instandhouding van vochtige en natte natuurterreinen lijkt mestbeperking en/of herbestemming van cultuurgrond, die deze terreinen van grondwater voorzien, in combinatie met hydrologische maatregelen gericht op beperking van de kans op overstroming door oppervlaktewater dat elders wordt belast, landschapsecologisch gezien de beste oplossing. Veelal zal dit ook eenvoudiger zijn te realiseren (met betrekking tot zowel instrumenten als kosten) dan de andere in figuur 19 en tabel 8 aangegeven maatregelen.

HOOFDSTUK 6: SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In opdracht van de Rijksplanologische Dienst te Den Haag is door de Vakgroep Fysische Geografie van de Rijksuniversiteit Utrecht onderzoek verricht naar de ruimtelijke effecten van de intensieve veehouderij via ondiep grondwater in het Noordelijk Zandgebied en de Veenkoloniën. Daarbij is vooral aandacht besteed aan de mogelijke gevolgen voor grondwaterafhankelijke natuurgebieden en voor de drinkwatervoorziening. Het onderzoek is de voltooiing van een studie naar de ruimtelijke effecten ven bemesting via ondiep grondwater op de Nederlandse zandgronden. De resultaten van de overige zandgebieden zijn gepresenteerd in Vissers et al (1985).

Hoofdstuk 1

Uitgangspunt voor de berekening van de belasting van bodem en grondwater met meststoffen zijn de mestoverschotten. In hoofdstuk 1 worden deze mestoverschotten op drie verschillen manieren berekend op basis van de landbouwtelling van 1983 en 1986.

1. Gemeentelijke mestoverschotten berekend volgens landbouwkundige criteria op basis van kalium en stikstof.
   Bij deze berekeningswijze wordt de maximale hoeveelheid plaatsbare organische mest op cultuurgrond bepaald door het nog niet optreden van ziekten en/of gewasschade en een zo groot mogelijke gewasopbrengst (Sluijsmans et al, 1978).
2. Gemeentelijke mestoverschotten berekend volgens milieuhygiënische benadering op basis van stikstof.
   De maximale hoeveelheid plaatsbare mest is afgestemd op een zo gering mogelijke stikstofbelasting van bodem en grondwater bij een gemiddelde gewasopbrengst (Vissers et al, 1985). Deze rekenmethode is ontwikkeld om als basis te dienen voor de berekening van de stikstofbelasting van het ondiepe grondwater (zie hoofdstuk 3) en mag niet worden beschouwd als normstelling.
3. Gemeentelijke mestoverschotten berekend volgens milieuhygiënische benadering op basis van fosfaat.
   Hierbij wordt de maximale hoeveelheid plaatsbare mest bepaald door de fosfaatonttrekking door het gewas (Vissers et al, 1985). Bij mestgiften die minder of gelijk zijn aan de gewasonttrekking, wordt fosfaataccumulatie voorkomen (ecologisch criterium). In hoofdstuk 3 wordt op basis van deze methode de belasting van de bodem en het ondiepe grondwater met fosfaat berekend.

De uitkomsten van de diverse berekeningen kunnen als volgt worden samengevat:

1. In ca. de helft van het aantal gemeenten in het studiegebied is een mestoverschot aanwezig ter grootte van 500.000 m^3 (1983). In de gemeenten zonder mestoverschot bedraagt het tekort ca. 650.000 m^3. Dit tekort werd in dat jaar bijna gecompenseerd door de import van mest uit overschotgebieden.

In 1986 is op ca. 57% van het areaal cultuurgrond geen mestoverschot aanwezig. Het totale tekort in de gemeenten zonder mestoverschot bedraagt evenals in 1983 ca. 650.000 m^3. In de gemeenten met een mestoverschot is het overschot in 3 jaar tijd toegenomen met ca. 60.000 m^3. Het tekort is in 1986 overgecompenseerd door de import van mest, waardoor het Noordelijk Zandgebied van een tekortgebied is ontwikkeld tot een overschotgebied.

De situatie in de vier zandgebieden tesamen is in 1986 verder verslechterd. Het totale mestoverschot is tussen 1983 en 1986 verder toegenomen (uitgedrukt als varkensdrijfmest) van 13,9 tot 16,7 miljoen m^3. De stijging wordt veroorzaakt door een toename van het overschot aan varkens- en pluimveedrijfmest (resp. met 24 en 19%). Als gevolg van de invoering van de superheffing is het overschot rundveedrijfmest ongeveer gehalveerd tot 100.000 m^3.

2. De mestoverschotten volgens milieu-hygiënische benadering op basis van stikstof bedragen in het studiegebied (1983) ca. 11 miljoen m^3, voor 85% bestaande uit rundveedrijfmest. Op alle cultuurgrond is een mestoverschot aanwezig, met name in de Overijsselse en Friese gemeenten (maximum: Hardenberg 266 kg N/ha cultuurgrond).
In 1986 is het overschot in vergelijking met 1983 7% lager. Dit is het gevolg van de invoering van de superheffing, waardoor de productie van rundveedrijfmest is afgenomen. In alle overige mestsoorten daarentegen is een toename geconstateerd.

   In de vier zandgebieden tesamen is het mestoverschot in 1986 toegenomen met 5,6% ondanks de invoering van de superheffing. Dit wordt veroorzaakt door de zeer sterke stijging van het overschot aan varkensdrijfmest (+24,6%) en pluimveedrijfmest (+15,9%), en in iets mindere mate van paarden-, schapen- en geitenmest (+12,7%) tot resp. 15,8 miljoen, 3,5 miljoen en 800.000 m^3.

3. In 1983 bedroeg het totale mestoverschot volgens ecologische criteria in het studiegebied 2,8 miljoen m^3. Voor alle cultuurgrond is een mestoverschot berekend. Nergens is dit overschot gemiddeld meer dan 100 kg P_2O_5/ha, waardoor het studiegebied relatief gunstig afsteekt bij de overige zandgebieden.
Het mestoverschot was in 1986 4,5% groter dan in 1983, als gevolg van een toename in de mestproductie door de niet-grondgebonden veestapel en een afname in de mestproductie in de rundveehouderij.

   Het beeld voor de vier zandgebieden tesamen is somber. In 3 jaar tijd is het totale overschot toegenomen met maar liefst 18,7% tot 23,5 miljoen m^3. Dit is vooral het gevolg van een toename in het overschot aan varkensdrijfmest met 26,2% tot 15,4 miljoen m^3.

Hoofdstuk 2

Niet-agrarische functies van het studiegebied (actuele en potentiële natuur- en drinkwaterfuncties) kunnen worden bedreigd door met meststoffen belast grondwater. In hoofdstuk 2 wordt inzicht gegeven in het globale stromingspatroon van ondiep grondwater in het studiegebied, teneinde de ruimtelijke verspreiding en de negatieve gevolgen van deze verontreinigingen voor de drinkwaterkwaliteit en grondwaterafhankelijke natuurgebieden aan te kunnen geven.
Op basis van geïntegreerd kaartonderzoek is het studiegebied ingedeeld in hydrologische eenheden met een specifieke grondwaterbeweging. Deze eenheden (kwelgebieden, infiltratiegebieden en hydrologisch geïsoleerde gebieden) zijn op kaart weergegeven (kaartbijlage 1). De indeling heeft uitsluitend betrekking op het ondiepe grondwater. De stroomrichting van dit grondwater en het oppervlaktewater kan van deze kaart worden afgeleid, omdat tevens de waterscheiding en de ontwateringsbasis zijn aangegeven. Op deze wijze worden stroomgebieden verkregen, waarbinnen een samenhang bestaat tussen de kwelgebieden nabij de ontwateringsbasis en de stroomopwaarts gelegen infiltratiegebieden nabij de waterscheiding. Deze samenhang wordt in stand gehouden door de stroming van ondiep grondwater. De relatie tussen de hydrologisch geïsoleerde gebieden en de lager gelegen kwelgebieden bestaat uitsluitend via de stroming van oppervlaktewater door watergangen.
In kaartbijlage 1 zijn tevens natuurgebieden weergegeven. Hierdoor is het mogelijk om na te gaan welke natuurterreinen in kwelzones bedreigd kunnen worden door de aanvoer van grondwater en/of oppervlaktewater.
De omvang van de waterwingebieden, waarbinnen toestroming van grondwater naar het onttrekkingspunt plaatsvindt, is benaderd door uit te gaan van de 25-jaars isochroon. Op kaartbijlage 1 zijn uitsluitend de 25-jaarszones van die waterwinningen, waar freatisch grondwater wordt gewonnen, of een combinatie van freatisch en (semi)spanningswater.

Globale hydrologische beschrijving van het studiegebied

In hydrologisch opzicht is het studiegebied in twee hoofdeenheden te verdelen: het Drents Plateau en het gebied van de Veenkoloniën.
Het Drents Plateau is een zeer vlak gebied dat haar hoogste punt bereikt in de omgeving van Emmen (25m +NAP) en vandaar uit in noordelijke en westelijke richting flauw afhelt en uiteindelijk wegduikt onder de zeekleigebieden van Groningen en Friesland. Kenmerkend voor dit gebied is een min of meer radiaal afstromingspatroon van de beken (vanuit het zuid-oosten) in noordelijke en westelijke richtingen.
Daarnaast is in hydrologisch opzicht het op uitgebreide schaal voorkomen van keileem in dit gebied van bijzondere betekenis, vanwege de grote invloed op de ontwatering en het afstromingspatroon van het ondiepe grondwater.
De ondergrond van het Drents Plateau bestaat uit 3 watervoerende pakketten, die van elkaar worden gescheiden door slecht doorlatende lagen en met een totale dikte van 100-150m. Op de (vele) plaatsen waar de scheidende lagen ontbreken is in feite sprake van een (freatisch) watervoerend

pakket.
De Veenkoloniën vormen een vlak, relatief laaggelegen gebied ten oosten en zuiden van het Drents Plateau. In dit gebied is eertijds door de gebrekkige waterafvoer op grote schaal veen gevormd. Door de uiterst systematische ontginning is de afwatering van het gebied sterk verbeterd, waardoor van de oorspronkelijke hydrografie weinig resteert. Het gebied wordt thans gekenmerkt door een lichtgolvend dekzandrelief afgewisseld met verveningsvlakten, die worden doorsneden door vele brede parallel-lopende wijken.
In tegenstelling tot het Drents Plateau komt in de Veenkoloniën geen keileem voor. Deze is door erosie volledig verdwenen.

Hoofdstuk 3

De berekeningswijzen voor de belasting van bodem en ondiep grondwater met stikstof en fosfaat worden uiteengezet in hoofdstuk 3. Daarbij is uitgegaan van de in hoofdstuk 1 berekende gemeentelijke stikstof- en fosfaatoverschotten volgens milieu-hygiënische benadering.
Vanuit de doelstelling van het onderzoek om te komen tot een beeld van de ruimtelijke effecten van bemesting op grondwaterafhankelijke natuurgebieden en waterwinningen, zijn de berekeningen van de belasting van het ondiepe grondwater per stroomgebied uitgevoerd en niet per gemeente. Uitgaande van de berekende gemiddelde nitraatbelasting van het ondiepe grondwater wordt per stroomgebied tevens de belasting van het oppervlaktewater in de hoofdwatergang berekend.

Methodiek

De volgens miliru-hygiënische benadering berekende stikstof- en fosfaatoverschotten zijn in principe geheel beschikbaar voor uitspoeling. Dit geldt niet voor de stikstofoverschotten berekend volgens landbouwkundige normen. Hierbij wordt de normgift voor uitspoelingsverliezen gecorrigeerd, waardoor deze groter kan zijn dan het berekende mestoverschot. Daarom zijn de uitkomsten van deze berekeningswijze niet geschikt voor de berekening van de belasting van het ondiepe grondwater met nitraat.
In de bodem treden processen op die van invloed zijn op de omvang van de stikstof- en fosfaatuitspoeling. Voor stikstof is dit met name denitrificatie; voor fosfaat is vooral de vastlegging in de onverzadigde zone van de bodem van belang.
Aangenomen is, dat van het berekende stikstofoverschot afhankelijk van de lokale omstandigheden, 20-80% verdwijnt als gevolg van denitrificatie. Berekeningen zijn uitgevoerd voor de beide uiterste waarden van dit traject. Hierdoor is het mogelijk de stroomgebieden met elkaar te vergelijken en ontstaat een beeld van de regionale verschillen in de nitraatbelasting van het ondiepe grondwater (kaartbijlage 2). Binnen de afzonderlijke stroomgebieden bestaan variaties in de denitrificatiecapaciteit. Deze worden bepaald door verschillen in bodemopbouw en ontwateringstoestand. Hierdoor ontstaan lokale verschillen in de nitraatconcen-

traties van het ondiepe grondwater. Deze concentraties zullen zijn gelegen binnen het traject dat wordt begrensd door de beide berekende waarden.
Het fosfaatoverschot wordt in de bodem vastgelegd tot het moment waarop verzadiging optreedt. Daarna zal het volledige fosfaatoverschot het grondwaterbelasten. In de verzadigde zone treedt aanzienlijk minder vastlegging op. Bij de in dit onderzoek hehanteerde aannamen betreffende de adsorptiecapaciteit van de bodem en de berekende fosfaatoverschotten is berekend dat binnen 25 jaar geen fosfaatdoorslag en derhalve geen fosfaatuitspoeling naar het grondwater op zal treden. Verdere berekeningen betreffende de fosfaatconcentratie in het ondiepe grondwater zijn daarom achterwege gebleven.

De nitraatconcentratie in het ondiepe grondwater is bepaald uit het quotiënt van de totale belasting (in kg N per stroomgebied) en de totale grondwatervoeding van het stroomgebied. Daarbij is rekening gehouden met het oppervlakte-aandeel bos. De berekende waarden hebben betrekking op de gemiddelde belasting van het stroomgebied in de bovenste meter van het freatische grondwater.
De nitraatbelasting van het oppervlaktewater van de hoofdwatergang wordt enerzijds veroorzaakt door uittredend grondwater, anderszijds door instroming van oppervlaktewater uit bovenstrooms gelegen afwateringseenheden. Tijdens het transport door de hoofdwatergang zal afname van de nitraatconcentratie in het oppervlaktewater plaatsvinden door denitrificatie en immobilisatie. Deze afname is onder meer afhankelijk van de hoogte van de nitraatbelasting en de verblijftijd. De invloed van verontreinigingsbronnen van nitraat, anders dan het gebruik van (kunst)mest in de landbouw, zijn buiten beschouwing gelaten.

Hoofdstuk 4

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in de kaartbijlagen 2 en 3, en worden besproken in hoofdstuk 4. In dit hoofdstuk is tevens aandacht geschonken aan de geconstateerde ruimtelijke variaties in de nitraatbelasting en de beïnvloeding van grondwaterafhankelijke natuurgebieden en waterwinningen.

Nitraat in ondiep grondwater

De laagste berekende nitraatgehalten in het ondiepe grondwater (0-100 mg NO_3/l) komen voor in de Veenkoloniën en op de Hondsrug, als gevolg van geringe veedichtheid en (op de Hondsrug) een relatief groot aandeel natuur binnen het oppervlak van stroomgebieden.
De hoogste nitraatgehalten (50-400 mg NO_3/l) zijn berekend voor stroomgebieden in het zuidwesten en noordwesten van het studiegebied. Deze hangen samen met relatief grote gemeentelijke mestoverschotten en geringe aandelen natuurgebied.
Opvallend verschil met de overige zandgebieden (Vissers et al, 1985) is de in het algemeen relatief geringe nitraatbelasting zoals die voor het Noordelijk zandgebied is

berekend. Dit hangt nauw samen met de relatief geringe mestoverschotten in het Noordelijk zandgebied.
Door de invoering van de superheffing zijn de berekende nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater voor de situatie 1986 iets lager dan in 1983. Doordat deze ontwikkeling zich overal in het studiegebied heeft voorgedaan zijn er geen ruimtelijke verschillen te constateren.

Nitraat in oppervlaktewater
De hoogste concentraties (20-30 mg NO_3/l) worden berekend voor stroomgebieden, deel uitmakend van de benedenlopen van beken in het noord-westen en zuid-westen van het Noordelijk Zandgebied, die de meest intensief bemeste landbouwgronden draineren en waar relatief weinig natuurgebieden aanwezig zijn. Met uitzondering van deze stroomgebieden wordt voor de overige een relatief lage nitraatbelasting berekend (< 13,2 mg NO_3/l). De berekende nitraatconcentraties overschrijden alle de norm voor oligotroof oppervlaktewater.
De berekende waarden hebben uitsluitend betrekking op op de hoofdwatergangen van stroomgebieden. De kwaliteit van sloten, zijbeken, bronbeken en dergelijke kan hiervan afwijken.

Gevolgen voor natuurgebieden
Natuurgebieden in het Noordelijk zandgebied komen vooral voor in de (relatief droge) infiltratiegebieden op het Drents Plateau. In het Veenkoloniale gebied zijn natuurgebieden nagenoeg afwezig. Grondwaterafhankelijke natuurgebieden kunnen worden aangetroffen op de vlakke hoofdwaterscheiding van het Drents Plateau (Fochtelooër Veen), in beekdalen en in de vorm van niet-ontgonnen hoogveen restanten in het zuid-oosten van de Veenkoloniën.
Het merendeel van de natuurgebieden in beekdalen heeft een geringe omvang en ligt geïsoleerd temidden van cultuurgrond in de benedenloop. Nadelige gevolgen vanuit aangrenzende landbouwgrond kunnen door de geïsoleerde ligging en geringe oppervlakte in het gehele natuurgebied merkbaar zijn. De grootste bedreiging zal daarbij uitgaan van die stroomgebieden waar de gemiddelde nitraatbelasting het grootst is (Reest, Linde en Tjonger).
Alleen in de bovenloop van de Vledder A en Ruiner A komen vochtige natuurterreinen voor, deeluitmakend van grotere complexen die zich tot aan de waterscheiding uitstrekken. In deze situatie is de aanvoer van nutriënten tot een minimum beperkt en verkeren de grondwaterafhankelijke ecosystemen in een relatief gunstige positie.

Waterwingebieden
Onvoldoende gegevens omtrent de geohydrologische opbouw van de diepere ondergrond en wijze van winning hebben ertoe geleid dat geen berekeningen zijn uitgevoerd voor het diepe grondwater. Daardoor worden geen uitspraken gedaan ten aanzien van de te verwachten drinkwaterkwaliteit. Wel wordt een indruk gegeven van de kwetsbaarheid van waterwinningen voor nitraatverontreiniging. Onderscheid is gemaakt tussen waterwinningen, waar boven het onttrekkingspunt weerstandbiedende lagen voorkomen en waterwinningen, die vanaf maaiveld tot aan de onttrekkingsdiepte uit doorlatende

lagen bestaan. Deze laatste groep freatische winningen bezit een hoge potentiële kwetsbaarheid voor nitraatverontreiniging. Waterwinning uit lagen die afgedekt worden door weerstandbiedende lagen (winning van semi-spanningswater), is door de hogere denitrificatiecapaciteit en hogere ouderdom van het grondwater op onttrekkingsdiepte beter beschermd.

Hoofdstuk 5

Hoofdstuk 5 geeft een algemeen beeld van de (potentiële) bedreiging door nitraat (en fosfaat) van de onderscheiden stroomgebieden. Extra aandacht wordt besteed aan de bedreiging van natuurgebieden in kwelzones en waterwingebieden. Tenslotte wordt ingegaan op mogelijke beheersmaatregelen voor kwelmilieus.
De classificatie naar potentiële bedreiging van de stroomgebieden is zowel gebaseerd op de drinkwaterfunctie als op de natuurfunctie. Met betrekking tot de (potentiële) drinkwaterfunctie is uitgegaan van de MTC-norm voor drinkwater. Ten aanzien van de natuurfunctie van kwelmilieus is de eutrofiëringsnorm voor stilstaande oppervlaktewateren gehanteerd. Deze normen zijn vervolgens toegepast op de berekende gemiddelde nitraatbelasting van het uittredende grondwater. Ter vergelijking met de overige zandgebieden is tevens de potentiële fosfaatbelasting van het ondiepe grondwater in de classificatie betrokken.
Indelingscriteria voor de bedreiging van de geselecteerde waterwinningen zijn:
- de berekende nitraatbelasting van ondiep grondwater;
- de aan- of afwezigheid van een weerstandbiedende deklaag;
- de aard van de winning: uitsluitend uit het freatisch pakket of uit meerdere watervoerende pakketten.

De potentiële bedreiging van grondwaterafhankelijke natuurgebieden is gebaseerd op de berekende nitraatgehalten van het uittredende grondwater en de gehalten in het oppervlaktewater. Daarnaast is rekening gehouden met de omvang van deze natuurgebieden.

Binnen de gestelde randvoorwaarden ontstaat, ondanks de relatief gunstige positie die het Noordelijk Zandgebied inneemt ten opzichte van de overige zandgronden, ook in delen van het studiegebied een somber beeld ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling van vele ecologisch waardevolle systemen in kwelmilieus. Doordat in veel gevallen het grondwater meer of minder is belast met nutriënten als gevolg van bemesting bestaat het gevaar dat dergelijke ecosystemen worden geëutrofieerd, vooral indien op lokaal en regionaal niveau beheersmaatregelen uitblijven.
Maatregelen, waarbij op basis van algemeen geldende instrumenten de mestoverschotten zullen worden beheerst, zullen de actuele (en ook de potentiële) voedselarme milieus niet tegen eutrofiëring behoeden. Hiertoe is het noodzakelijk dat wordt gekomen tot een stelsel van maatrelen waarmee, op het niveau van stroomgebieden, eutrofiëring kan worden beperkt of teruggedrongen.
Op deze wijze zullen ingrijpende en kostbare beheersmaatre-

gelen alleen behoeven te worden toegepast waar dit vanuit het oogpunt van bescherming (en ontwikkeling) van voedselarme milieus en waterwinningen wenselijk is. Een aantal voorbeelden wordt besproken van mogelijke beheersmaatregelen, gericht op het gelijktijdig behoud van de vochtvoorziening met een beperking van de eutrofiëring van voedselarme milieus, in relatie tot de actuele bedreiging van die milieus.

Resumerend:

- Op basis van landbouwkundige normen was er per saldo in het studiegebied in 1983 een klein mesttekort aanwezig. Op basis van de overige berekeningswijzen bedroeg het mestoverschot maximaal 11 miljoen m^3. Daarmee steekt het gebied gunstig af tegen de overige zandgebieden.

- In tegenstelling tot de algemeen heersende opvattingen zijn de Veenkoloniën geen gebied met een mesttekort maar, berekend volgens landbouwkundige criteria, met een (gering) mestoverschot.

- Uit de berekeningen volgens landbouwkundige criteria blijkt, dat het studiegebied in 1986 was veranderd van een gebied met per saldo een mesttekort in een gebied met een mestoverschot. Ten opzichte van 1983 zijn de verschillen echter gering. Dit geldt ook voor de overige berekeningswijzen.

- Uit de berekeningen voor 1986 voor alle zandgebieden in totaal blijkt, dat de mestoverschotten ten opzichte van 1983 met ca. 20% zijn gestegen, ondanks de invoering van de superheffing. Dit betekent dat, gezien de ontwikkelingen in het Noordelijk Zandgebied, de mestoverschotten in de overige zandgebieden nog sterker zijn toegenomen.

- Een lage (0-100 mg NO_3/l) berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater komt voor in de Veenkoloniën als gevolg van de relatief geringe vee-dichtheid, en op de Hondsrug vanwege de relatief grote arealen natuurgebied. De hoogste (50-400 mg NO_3/l) belasting wordt berekend voor stroomgebieden in het NW en ZW van het studiegebied, waar de grootste mestoverschotten aanwezig zijn en waar weinig verdunning plaatsvindt door relatief onbelast grondwater, afkomstig van natuurgebieden.

- Binnen de gestelde aannamen zal in het Noordelijk Zandgebied binnen 25 jaar na 1983, onder voorbehoud van lokale ontwikkelingen, geen fosfaatverzadiging optreden. Berekening van de fosfaatconcentratie van het ondiepe grondwater hebben daarom niet plaatsgevonden.

- Voor het oppervlaktewater van stroomgebieden, die deel uitmaken van de benedenloop van beken in het NW en ZW van het studiegebied, worden de hoogste (20-30 mg NO_3/l) nitraatconcentraties berekend. Voor het oppervlaktewater in de hoofdwatergang van de overige stroomgebieden wordt

een geringere gemiddelde nitraatbelasting berekend, die echter in alle gevallen de norm voor oligotroof oppervlaktewater overschrijdt.

- Hoewel de aannamen, die ten grondslag liggen aan de berekeningen, zodanig zijn gekozen dat de uitkomsten een naar verhouding gunstig beeld scheppen en ondanks de relatief gunstige omstandigheden in het studiegebied, moet ook in het Noordelijk Zandgebied rekening worden gehouden met een (plaatselijk ernstige) bedreiging van de waterwinningen en grondwaterafhankelijke natuurgebieden.

- Op grond van het onderzoek kan worden geconcludeerd, dat het Noordelijk Zandgebied van alle zandgebieden de beste mogelijkheden biedt voor het behoud en de ontwikkeling van natuurwaarden. Hierbij geldt als strikte voorwaarde dat in dit gebied ontwikkelingen, zoals die zich elders op de zandgronden nog altijd voordoen, worden vermeden. In dit verband zijn uniforme maatregelen, zoals de AMvB "Besluit gebruik dierlijke meststoffen" in het kader van de Wet bodembescherming, ongewenst.

LITERATUUR:

AALST, R.M. VAN; DIEDEREN, H.S.M.A., 1983: De rol van stikstof-oxiden en ammoniak bij de depositie vanuit de lucht van bemestende en verzurende stoffen op de Nederlandse bodem. TNO-Rapport nr. R 83/42.

APPELO, C.A.J.; KRAJENBRINK, G.J.W; REE, C.C.D.F. VAN; VASAK, L. 1982: Beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit in het infiltratiegebied van de Noord-Westelijke Veluwe. Rapport Instituut voor Aardwetenschappen, VU Amsterdam; 85 pp. + bijlagen.

BEEK, C.G.E.M. VAN, 1984: Nitraat in het onttrokken grondwater. In: Nitraat en Drinkwaterwinning, KIWA-Mededeling nr. 84, Nieuwegein; pp. 13-39.

BEEK, C.G.E.M. VAN; KOOIJ, D. VAN DER; NOORDAM P.C.; SCHIPPERS, J.C., 1984: Nitraat en drinkwaterwinning. KIWA-Mededeling nr. 84, Nieuwegein; 144 pp.

BEEK, C.G.E.M. VAN (RED.), 1987: Landbouw en drinkwatervoorziening: onderzoek 1982-1987. KIWA-Mededeling nr. 99, Nieuwegein; 167 pp.

BON, J., 1971: Stuwbeheer in zandgebieden. Waterschapsbelangen 56, 17; pp. 255-262.

BOS, H., 1958: De landbouwwaterhuishouding in de provincie Drenthe. COLN-TNO, Rapport no. 4.

BOTS, W.C.P.M.; JANSEN, P.C.; NOORDEWIER, G.J., 1978: De fysisch-chemische samenstelling van het oppervlakte- en grondwater in het Noorden des lands. Regionale studies 13, ICW Wageningen.

BREEUWSMA, A., 1984: De fosfaathuishouding van zandgronden in relatie tot de waterkwaliteit. Rapport nr. 1840, STIBOKA Wageningen; 19 pp.

CATTENSTART, G.C., 1983: Geohydrologische inventarisatie van waterwingebieden. Rapport Landinrichtingsdienst, afdeling Grondwaterbeheer, Utrecht.

CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK, 1984: Standaardband Landbouwtelling 1983. CBS-Afdeling Landbouwstatistieken, 'sGravenhage.

CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK, 1986a: Statistisch Zakboek 1986. CBS 's Gravenhage.

CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK, 1986b: De productie van dierlijke mest 1984. CBS-Afdeling Milieustatistieken, 's Gravenhage; 70 pp.

CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK, 1987a: Standaardband Landbouwtelling 1986. CBS-Afdeling Landbouwstatistieken, 's Gravenhage.

CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK, 1987b: Transport van drijfmest met subsidie van de mestbanken. Kwartaalbericht Milieustatistieken, 87/1, CBS 's Gravenhage; pp. 4-8.

CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK, 1987c: Produktie van dierlijke mest 1986. Kwartaalbericht Milieustatistieken, 87/3, CBS 's Gravenhage; pp. 4-9.

COBUSSEN, A., 1978: Organische stof in grond als maat voor de denitrificatiesnelheid. Nota 1050, ICW Wageningen; 19 pp.

COMMISSIE BESCHERMING WATERWINGEBIEDEN, 1980: Richtlijnen en aanbevelingen voor de bescherming van waterwingebieden. VEWIN Rijswijk; RID Leidschendam.

COORDINATIECOMMISSIE UITVOERING WET VERONTREINIGING OPPERVLAKTEWATER, 1984: Ecologische kwaliteitsdoelstellingen voor Nederlandse Oppervlaktewateren. Conceptrapport nr. 7, Subgroep I, Werkgroep V.

DAM, H. VAN; KOOYMAN-BLOKLAND, H. 1978: Man-made changes in some Dutch moorland pools, as reflected by historical and recent data about diatoms and macrophytes. Int. Revue Hydrobiol. 63; pp. 587-607.

DAY, P.R.; DONER, H.A.; Mc LAREN, A.D., 1978: Relationships among microbial populations and rates of denitrification in a Hanford soil. Nitrogen in the environment, Volume 2. Academic Press, New York; pp. 305-363.

DIJK, T.A. VAN, 1984: Mestoverschotten in Nederland. IB-rapport 6, Inst. voor Bodemvruchtbaarheid, Haren; 28pp.

DUIJVENBOODEN, W. VAN; BUSZ, J.T., 1978: Overzicht van grondwaterwinplaatsen voor de openbare drinkwatervoorziening op basis van de classificatie van de geëxploiteerde watervoerende pakketten. RID Leidschendam.

GISCHLER, Ch. E., 1967: A semi qualitative study of the hydrogeology of the North Netherlands. Verhandelingen van het KNGMG, Geologische Serie, deel 24.

GOLTERMAN, H.L., 1976: Fosfaten in het Nederlandse oppervlaktewater. Rapport van de Stuurgroep Fosfaten. SIGMA Chemie.

GROOTJANS, A.P., 1985. Changes of groundwater regime in wet meadows. Dissertatie, RU Groningen; 146 pp.

HAGEN, R., 1975: Geologische en hydrogeologische beschrijving van de regio Assen. Intern Rapport, HPLAN + O.

HENKENS, Ch.H., 1976: Voedingsstoffen en mineralenbalansen. Stikstof 83/84; pp. 355-362.

HEUVELN, B. VAN, 1965: De bodem van Drenthe. STIBOKA Wageningen.

HOSPER, U.G.; VRIES, H.J. DE, 1987: Excursiegids Zuid-Oost Friesland. Lustrumcongres WLO, Excursie 3; It Fryske Gea.

KESSEL, J.F. VAN, 1976a: Influence of denitrification in aquatic sediments on the nitrogen content of natural waters. Dissertatie, LU wageningen.

KESSEL, J.F. VAN, 1976b: De beïnvloeding van het stikstofgehalte van oppervlaktewater door denitrificatie in de watergang. Stikstof 87; pp. 80-84.

KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT; RIJKSINSTITUUT VOOR DE VOLKSGEZONDHEID, 1982: Chemical composition of precipitation over The Netherlands. Annual Report 1981, KNMI/RIV De Bilt.

KOLENBRANDER, G.J., 1971: De eutrofiëring van oppervlaktewater door de landbouw en de stedelijke bevolking. Stikstof 69; pp. 384-395.

KOLENBRANDER, G.J., 1977: Nitrogen in organic matter and fertilizer as a source of pollution. Prog. Water Technol. 8; pp. 67-84.

KOLENBRANDER, G.J., 1981: Limits to the spreading of animal excrement on agricultural land. In: J.C. Brogan (Ed.):

Nitrogen losses and surface run-off. Nijhoff-Junk, The Hague; pp. 443-468.

KOOPMAN, G.J.; VEEN, A.W.L., 1986: Landscape hydrology of the Grote Masloot, a small lowland basin on the Drenthe Plateau. Report nr. 22, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, RU Groningen; 37 pp.

KOOY, D. VAN DER, 1984: The growth of bacteria on organic compounds in drinking water. Dissertatie, LU Wageningen.

KORZILIUS, E.; BREEUWSMA, A., 1983: Het fosfaatbindend vermogen van enkele zandgronden. Rapport no. 1745, STIBOKA Wageningen.

KOUWE, F.A., 1982: Fosfaat en eutrofiëring in een laaglandbeek. Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant, Boxtel.

KRAJENBRINK, G.J.W., 1983: Bemesting en grondwaterkwaliteit. Reeks Bodembescherming nr. 12, Ministerie van VROM, 's Gravenhage.

LEENTVAAR, P., 1979: Zeven criteria voor hypertrofie. H_2O (12), nr. 17; pp. 368-387.

LEUVEN, R.S.E.W.; SCHUURKES, J.A.A.R., 1985: Effecten van zure neerslag op zwak gebufferde en voedselarme wateren. Publicatiereeks Lucht nr. 47, Ministerie van VROM, 's Gravenhage.

LEXMOND, Th.M.; RIEMSDIJK, W.H. VAN; HAAN, F.A.M. DE, 1982: Onderzoek naar fosfaat en koper in de bodem, in het bijzonder in gebieden met intensieve veehouderij. Reeks Bodembescherming nr. 8, Ministerie van VROM, 's Gravenhage.

LYKLEMA, L., 1980: Eutrophication, the role of sediments. Hydrob. Bijl. 14 (1/2); pp. 98-105.

MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT; MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER, 1985: Indicatief meerjarenprogramma Water 1985-1989. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage.

MOSS, B., 1980: Ecology of fresh waters. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

NEANDER, E.; BENEKER, G.; UPHOFF, P., 1978: Die Ausbringung tierischer Exkremente auf landwirtschaftlich genützten Flächen in der Gemeinschaft. Kommission de Europäischen Gemeinschaften, Mitteilungen über Landwirtschaft 48; 268 pp.

OOSTENBRUGGEN, R. VAN, 1984: Kwaliteit van het ondiepe grondwater onder bouwland in Oost-Utrecht. Deelrapport Studie Bodem en Grondwater provincie Utrecht. Prov. Utrecht/RIMH, Utrecht/Maarssen.

PROEFSTATION VOOR DE AKKERBOUW, 1973: Handboek voor de akkerbouw. H.L. Bernelof-Moens (red.). PSA Publicatie nr. 9 (2 delen), Wageningen/Lelystad.

PROVINCIALE WATERSTAAT VAN DRENTHE, 1985: Rapport van de Technische Werkgroep Grondwaterplan 2. PW-Drenthe, Assen.

RAAD VOOR DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN, 1980: Richtlijn van de Raad van 17 december 1979 betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging, veroorzaakt door de lozing van bepaalde gevaarlijke stoffen. Publikatieblad EG, nr. L 20/43.

RIEMSDIJK, W. H. VAN; LEXMOND, Th. M.; HAAN, F. A. M. DE, 1983: Fosfaat- en kopertoestand van cultuurgrond in de Provincie Gelderland. Rapport Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, LU Wageningen.

RIJKSWATERSTAAT, 1965: Beschrijving van de provincie Drenthe behorende bij de Waterstaatskaart. Staatsdrukkerij, 's Gravenhage.

RIJTEMA, P. E., 1980: Nitrogen emission from grassland farms: a model approach. Technical Bull. 119, ICW Wageningen; pp. 137-147.

SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL P., 1984: Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart.

SCHMIDT-VAN DORP, A. D., 1978: De eutrofiëring van ondiepe meren in Rijnland. Dissertatie, RU Utrecht.

SHERWOOD, M. T., 1979: The effects of landspreading of animal manure on water quality. In: Gasser, J. K. R. (Ed.): Effluents from livestock, London; pp. 379-390.

SLUIJSMANS, C. M. F; KOLENBRANDER, G. J.; DIJK, T. A. VAN; LANDE CREMER, L. C. N. DE LA; SMILDE, K. W.; WERKHOVEN, C. H. E., 1978: De mest- en gierverspreiding op landbouwgrond in de EG. Commissie van de Europese Gemeenschappen: Informatie over Landbouw, Rapport 47.

STEENVOORDEN, J. H. A. M., 1977: De invloed van een aantal factoren op de denitrificatie. Nota 1012, ICW Wageningen; 27 pp.

STEENVOORDEN, J. H. A. M., 1981: De gevolgen van het landbouwkundig bodemgebruik voor de chemische samenstelling van het grond- en oppervlaktewater. Nota 1264, ICW Wageningen; 58 pp.

STEENVOORDEN, J. H. A. M., 1983: Nitraatbelasting van het grondwater in zandgronden; denitrificatie in de ondergrond. Nota 1435, ICW Wageningen; 32 pp.

STEENVOORDEN, J. H. A. M.; HEUS, M. J. DE, 1984: Fosfaatbalansstudies en de bijdrage van diffuse bronnen. Rapport 8, ICW Wageningen; 23 pp.

STEENVOORDEN, J. H. A. M.; OOSTEROM, H. P., 1979: Fosfaat- en stikstofbalansen voor oppervlaktewater in polders en beekgebieden. H_2O (12), nr. 2; pp. 33-39.

STUDIEGROEP TOEKOMSTVERKENNING OLIGOTROFE MILIEUS (STOM), 1983: Lange termijn ontwikkelingen van voedselarme milieus en grondwater van de pleistocene zandgronden: een verkenning van de periode 1990-2025. Rapport Vakgroepen Fysische Geografie en Botanische Oecologie, RU Utrecht; 214 pp. + (kaart)bijlagen.

VISSERS, H. J. S. M.; WIT, N. H. S. M. DE; BLEUTEN, W., 1985: Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater: bedreiging van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en gevolgen voor de natuur en waterwinningen op de Nederlandse zandgronden. Rapport Vakgroep Fysische Geografie, RU Utrecht; 164 pp. + (kaart)bijlagen.

VOET, E. VAN DER; UDO DE HAES, H. A., 1985: Effecten van intensieve veehouderijbedrijven op hun omgeving. Publicatiereeks Milieubeheer nr. 23, Ministerie van VROM, 's Gravenhage.

VRIES, J. J. DE, 1974: Groundwater flow systems and streamnets in the Netherlands. Rodop NV, Amsterdam.

WATERLEIDINGMAATSCHAPPIJ DRENTHE NV, 1982: Inventarisatie van potentiële grondwaterwinplaatsen in Drenthe. Rapport WMD, Deel A.

WEE, M.W. TER, 1966: Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000, Blad Steenwijk Oost (16 O). Geologische Stichting, Afd. Geologische Dienst, Haarlem.

WEE, M.W. TER, 1976: Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000, Blad Sneek (10 W en 10 O). Rijksgeologische Dienst, Haarlem.

WEE, M.W. TER, 1979: Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000, Blad Emmen-West (17 W) en Blad Emmen-Oost (17 O). Rijksgeologische Dienst, Haarlem.

WEE, M.W. TER, 1984: Het ontstaan van het Drentse landschap: Geologische geschiedenis. In: Abrahamse, J. (red.): Het Drentse landschap. Stichting het Drentse Landschap / de Walburg Pers, Zutphen.

WERKGROEP NITRAATUITSPOELING IN WATERWINGEBIEDEN, 1985: Nitraatproblematiek bij grondwaterwinning in Nederland: onderzoek naar alternatieve maatregelen. Rapport 12, ICW Wageningen; 49 pp.

WERKGROEP NUTRIENTENBALANS DRENTHE, 1986: Uitspoeling van stikstof, fosfaat en kali voor verschillende bodemgebruiksvormen in Drenthe. Rapport PW van Drenthe, Assen.

WERKGROEP REGIONAAL GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK IN DE PROVINCIE DRENTHE, 1978: Regionaal geohydrologisch onderzoek in de provincie Drenthe. Rapport RID, Voorburg; 96 pp. + (kaart)bijlagen.

WIJNANDS, J.H.M.; KRUIF, F.F. DE; LODDER, K.; LUESINK, H.H., 1983: Het kunstmestverbruik in de land- en tuinbouw in 1979/1980. Publicatie no. 3.125, LEI-Afdeling Landbouw, 's Gravenhage.

WIT, N.H.S.M. DE; BLEUTEN, W., 1986: Inventarisatie van de vermesting van het ondiepe grondwater in de gehele provincie Utrecht. Rapport Vakgroep Fysische Geografie, RU Utrecht; Deel I: 70 pp. + (kaart)bijlagen, Deel II: 24 pp.

WIT, N.H.S.M. DE; BLEUTEN, W., 1987: Nitrate, phosphate and potassium contamination of the groundwater top layer related to soil type, land use and spatial position. In: Duijvenbooden, W. van; Waegeningh, H.G. van (Eds.): Vulnerability of soil and groundwater to pollutants. Proceedings and Information No. 38, TNO-CHO/RIVM, The Hague; pp. 709-716.

WIT, N.H.S.M. DE; VISSERS, H.J.S.M.; BLEUTEN, W., 1988: Ruimtelijke relaties door grondwaterstroming op de Nederlandse zandgronden. Landschap, jaargang 5, nummer 1; pp. 17-29.

ZAGWIJN, W.H.; STAALDUINEN, C.J. VAN, 1975: Toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland, schaal 1:600.000. Rijksgeologische Dienst, Haarlem.

ZEE, S.E.A.T.M. VAN DER; RIEMSDIJK, W.H. VAN, 1986: Transport of phosphate in a heterogeneous field. Transport in Porous Media 1; pp. 339-359.

BIJLAGEN:

1. Mestoverschotten in 1983 en 1986 in kg N/ha cultuurgrond volgens landbouwkundige normen
2. Mestoverschotten in 1983 en 1986 in kg N/ha bouwland volgens landbouwkundige normen
3. Mestoverschotten in 1983 en 1986 in kg N/ha cultuurgrond volgens milieu-hygiënische benadering
4. Mestoverschotten in 1983 en 1986 in kg P_2O_5/ha cultuurgrond volgens ecologische criteria

BIJLAGE 1

Gemeentelijke mestoverschotten in 1983 en 1986, berekend volgens landbouwkundige criteria (Sluijsmans et al., 1978) uitgedrukt in kg N/ha cultuurgrond, in m^3 mest per diersoort en in kg N-totaal.

Verklaring:

kolom 1: CBS-gemeentenummer
kolom 2: gemeentenaam
kolom 3: mestoverschot in kg N/ha cultuurgrond
kolom 4: overschot rundveedrijfmest in m^3 (1 m^3 = 4,4 kg N-totaal)
kolom 5: overschot mestkalverenmest in m^3 (1 m^3 = 3,0 kg N-totaal)
kolom 6: overschot varkensdrijfmest in m^3 (1 m^3 = 7,0 kg N-totaal)
kolom 7: overschot pluimveedrijfmest in m^3 (1 m^3 = 9,0 kg N-totaal)
kolom 8: overschot paarden/geiten/-schapenmest in m^3 (1 m^3 = 6,5 kg N-totaal)
kolom 9: totaal overschot in kg N-totaal

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	GROOTEGAST	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	HAREN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	HOOGEZAND-SAPPEMEER	18.	0.0	0.0	0.0	7811.8	1340.4	79019.0
22	LEEK	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	MAPUM	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	MUNTENDAM	4.	0.0	0.0	0.0	711.2	76.0	6894.5
30	NIEUWE-PEKELA	11.	2048.2	0.0	569.4	1440.0	331.4	28111.6
36	OLDEKERK	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
37	STADSKANAAL (****)	15.	.0	2224.2	13784.8	1127.7	2881.5	132045.1
38	OUDE-PEKELA	24.	382.6	0.0	2418.0	1500.4	76.6	32611.4
40	SLOCHTEREN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	783.1	5090.3
47	VEENDAM	9.	0.0	0.0	0.0	4807.7	1117.0	50530.0
48	VLAGTWEDDE	20.	.0	468.4	26353.9	6874.2	2058.7	261191.7
59	ACHTKARSPELEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
65	DANTUMADEEL	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
74	HEERENVEEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85	OOSTSTELLINGWERF	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
86	OPSTERLAND	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	SMALLINGERLAND	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
94	TIETJERKSTERADEEL	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
98	WESTSTELLINGWERF (****)	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105	ANLOO (****)	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
106	ASSEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
107	BEILEN	29.	0.0	0.0	26364.5	8658.1	6413.6	304165.0
108	BORGER (****)	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
109	COEVORDEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110	DALEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
111	DIEVER	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
112	DWINGELOO	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
113	EELDE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
114	EMMEN (****)	4.	0.0	0.0	0.0	5725.5	3663.2	75470.9
115	GASSELTE (****)	28.	0.0	0.0	0.0	7395.5	538.2	70057.6
116	GIETEN (****)	1.	0.0	0.0	0.0	0.0	396.7	2578.6
117	HAVELTE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
118	HOOGEVEEN	32.	0.0	0.0	0.0	6974.3	2825.3	81133.1
119	MEPPEL	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	NORG	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
121	NIJEVEEN	20.	0.0	0.0	4779.1	397.9	1119.4	44310.3
122	ODOORN (****)	12.	1240.6	0.0	9672.9	5314.1	1799.2	132690.4
123	OOSTERHESSELEN	1.	0.0	0.0	0.0	0.0	701.1	4557.1
124	PEIZE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
125	RODEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
126	ROLDE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
127	RUINEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
128	RUINERWOLD	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
129	SCHOONEBEEK	5.	0.0	0.0	0.0	197.0	1881.9	14005.8
130	SLEEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
131	SMILDE	9.	0.0	0.0	0.0	4170.9	1283.4	45880.0
132	VLEDDER	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
133	VRIES	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
134	WESTERBORK	33.	0.0	0.0	14903.5	19606.3	3855.3	305840.2
135	DE WIJK	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
136	ZUIDLAREN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
137	ZUIDWOLDE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
138	ZWEELOO	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
143	AVEREEST	53.	0.0	5225.8	31125.2	5285.0	3308.9	302626.8
157	GRAMSBERGEN	43.	0.0	0.0	14464.0	8343.5	2447.5	192248.3
160	HARDENBERG	100.	0.0	0.0	106688.1	51727.7	6641.8	1255537.5
	TOTAAL:		3671.4	7938.4	251123.4	148068.8	45560.5	3426595.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	GROOTEGAST	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	HAREN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	HOOGEZAND-SAPPEMEER	29.	0.0	0.0	0.0	12775.7	2035.2	128209.8
22	LEEK	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	MARUM	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	MUNTENDAM	8.	0.0	0.0	0.0	1230.7	136.8	11966.2
30	NIEUWE-PEKELA	9.	.0	0.0	718.5	1493.3	538.8	21472.0
36	OLDEKERK	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
37	STADSKANAAL (****)	21.	.0	1106.8	19520.4	2697.1	3153.8	186542.7
38	OUDE-PEKELA	29.	154.6	0.0	3024.0	1512.4	180.5	36633.4
40	SLOCHTEREN	1.	0.0	0.0	0.0	0.0	1446.5	9402.1
47	VEENDAM	27.	.0	0.0	2641.6	13895.1	1631.7	154063.1
48	VLAGTWEDDE	27.	3569.5	314.6	34789.8	7376.9	2685.5	344026.1
59	ACHTKARSPELEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
65	DANTUMADEEL	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
74	HEERENVEEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85	OOSTSTELLINGWERF	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
86	OPSTERLAND	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	SMALLINGERLAND	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
94	TIETJERKSTERADEEL	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
98	WESTSTELLINGWERF (****)	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105	ANLOO (****)	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
106	ASSEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
107	BEILEN	31.	0.0	0.0	27955.9	10800.1	7095.8	339014.5
108	BORGER (****)	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
109	COEVORDEN	5.	0.0	0.0	0.0	726.0	1167.9	14125.6
110	DALEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
111	DIEVER	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
112	DWINGELOO	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
113	EELDE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
114	EMMEN (****)	8.	0.0	0.0	7982.3	7499.4	4034.3	149593.3
115	GASSELTE (****)	39.	0.0	0.0	0.0	10674.0	664.0	100512.4
116	GIETEN (****)	2.	0.0	0.0	0.0	0.0	667.5	4338.5
117	HAVELTE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
118	HOOGEVEEN	46.	0.0	2609.4	0.0	9811.4	2703.7	113704.6
119	MEPPEL	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	NORG	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
121	NIJEVEEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
122	ODDORN (****)	18.	5350.0	0.0	15968.4	5544.4	1943.6	197851.8
123	OUDERMESSELEN	8.	0.0	0.0	0.0	2095.6	2121.4	38049.8
124	PEIZE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
125	RODEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
126	ROLDE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
127	RUINEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
128	RUINERWOLD	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
129	SCHOONEBEEK	18.	0.0	0.0	0.0	3625.7	2069.8	47884.6
130	SLEEN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
131	SMILDE	4.	0.0	0.0	0.0	1469.1	1449.5	22643.4
132	VLEDDER	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
133	VRIES	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
134	WESTERBORK	39.	0.0	0.0	13647.0	25469.9	4138.1	351655.6
135	DE WIJK	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
136	ZUIDLAREN	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
137	ZUIDWOLDE	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
138	ZWEELOO	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
143	AVEREEST	8.	0.0	0.0	0.0	2039.2	3929.6	43895.4
157	GRAMSBERGEN	62.	0.0	0.0	18838.8	14619.6	2810.4	281715.9
160	HARDENBERG	102.	0.0	0.0	109054.9	53167.7	7072.9	1287667.9
	TOTAAL:		9074.1	4032.8	254141.6	189513.4	53697.2	3885668.7

BIJLAGE 2

Gemeentelijke mestoverschotten in 1983 en 1986, berekend volgens landbouwkundige criteria (Sluijsmans et al., 1978) uitgedrukt in kg N/ha bouwland + tuinbouwgrond en in kg N-totaal (vergelijk bijlage 1).

Verklaring:

kolom 1: CBS-gemeentenummer
kolom 2: gemeentenaam
kolom 3: mestoverschot in kg N/ha bouwland + tuinbouwgrond
kolom 4: totaal overschot in kg N-totaal
kolom 5: areaal snijmais (ha)
kolom 6: areaal bouwland + tuinbouwgrond, inclusief snijmais (ha)
kolom 7: areaal grasland (ha)
kolom 8: totaal areaal cultuurgrond (6+7)

1	2	3	4	5	6	7	8
15	GROOTEGAST	0.	0.0	43.0	116.1	4854.5	4970.6
17	HAREN	0.	0.0	49.5	161.5	2118.8	2280.2
18	HOOGEZAND-SAPPEMEER	23.	79019.0	49.9	3354.1	1004.8	4358.9
22	LEEK	0.	0.0	154.1	252.5	4414.0	4666.4
25	MARUM	0.	0.0	75.2	86.9	4267.5	4354.4
29	MUNTENDAM	5.	6894.5	24.1	1479.4	149.0	1628.4
30	NIEUWE-PEKELA	13.	28111.6	102.0	2149.5	405.1	2554.6
36	OLDEKERK	0.	0.0	4.0	9.0	1847.4	1856.4
37	STADSKANAAL (****)	17.	132045.1	296.5	7740.7	1286.6	9029.3
38	OUDE-PEKELA	24.	32611.4	17.2	1333.1	16.6	1349.9
40	SLOCHTEREN	1.	5090.3	93.5	8249.2	3462.2	11711.5
47	VEENDAM	10.	50530.0	108.0	5154.3	462.5	5616.7
48	VLAGTWEDDE	23.	261191.7	583.7	11191.1	1922.1	13113.2
59	ACHTKARSPELEN	0.	0.0	73.4	89.1	6620.6	6709.6
65	DANTUMADEEL	0.	0.0	1.8	13.2	6236.1	6249.3
74	HEERENVEEN	0.	0.0	205.2	322.1	8644.3	8966.4
85	OOSTSTELLINGWERF	0.	0.0	846.6	2307.9	12506.6	14814.5
86	OPSTERLAND	0.	0.0	225.3	256.4	14618.5	14874.8
90	SMALLINGERLAND	0.	0.0	51.1	58.3	7344.0	7402.3
94	TIETJERKSTERADEEL	0.	0.0	81.1	101.4	11039.1	11140.5
98	WESTSTELLINGWERF (****)	0.	0.0	297.9	511.7	15474.0	15985.7
105	ANLOO (****)	0.	0.0	236.1	4227.6	2143.1	6370.7
106	ASSEN	0.	0.0	265.4	1521.2	1278.9	2800.1
107	BEILEN	62.	304165.0	1191.6	4920.1	5740.4	10660.5
108	BORGER (****)	0.	0.0	395.6	6653.6	1919.0	8572.6
109	COEVORDEN	0.	0.0	320.9	921.1	1711.9	2633.1
110	DALEN	0.	0.0	519.0	1892.1	3485.6	5377.7
111	DIEVER	0.	0.0	249.6	437.9	2795.2	3233.1
112	DWINGELOO	0.	0.0	160.8	306.4	3056.4	3362.8
113	EELDE	0.	0.0	25.4	49.4	1000.4	1049.8
114	EMMEN (****)	4.	75470.9	607.5	17111.2	2002.5	19113.7
115	GASSELTE (****)	32.	70057.6	89.8	2165.4	358.0	2523.4
116	GIETEN (****)	1.	2578.6	101.9	2199.1	676.6	2875.7
117	HAVELTE	0.	0.0	238.6	386.2	3439.3	3825.5
118	HOOGEVEEN	154.	81133.1	183.6	526.4	2002.0	2528.4
119	MEPPEL	0.	0.0	35.5	36.7	449.3	486.0
120	NORG	0.	0.0	635.2	2306.6	3610.7	5919.3
121	NIJEVEEN	262.	44310.3	159.0	169.2	2082.3	2251.6
122	ODOORN (****)	13.	132690.4	287.8	10361.9	716.5	11098.4
123	OOSTERHESSELEN	2.	4557.1	392.0	2925.8	2077.0	5002.8
124	PEIZE	0.	0.0	43.4	54.0	1861.0	1915.0
125	RODEN	0.	0.0	125.6	374.1	3494.7	3868.8
126	ROLDE	0.	0.0	407.2	2352.3	3025.4	5377.6
127	RUINEN	0.	0.0	523.3	1027.3	5462.5	6489.7
128	RUINERWOLD	0.	0.0	205.7	213.4	3588.6	3802.0
129	SCHOONEBEEK	15.	14005.8	355.0	960.6	1663.0	2623.7
130	SLEEN	0.	0.0	330.4	2688.2	2419.6	5107.9
131	SMILDE	11.	45860.0	341.2	4077.2	863.6	4940.8
132	VLEDDER	0.	0.0	219.9	430.4	1675.9	2306.3
133	VRIES	0.	0.0	659.2	1823.8	5889.6	7713.4
134	WESTERBORK	56.	305840.2	845.7	5465.9	3676.4	9142.2
135	DE WIJK	0.	0.0	220.3	232.1	2742.8	2974.9
136	ZUIDLAREN	0.	0.0	97.9	881.8	1274.5	2156.3
137	ZUIDWOLDE	0.	0.0	555.8	1367.7	5268.1	6635.9
138	ZWEELOO	0.	0.0	330.5	2110.0	1680.4	3790.4
143	AVEREEST	147.	302626.8	572.0	2057.8	3680.9	5738.7
157	GRAMSBERGEN	106.	192246.3	858.2	1814.1	2623.6	4437.6
160	HARDENBERG	239.	1255537.5	2094.4	5255.2	7353.6	12608.9
	TOTAAL:		3426595.5	18263.2	137292.8	207685.9	344978.7

1	2	3	4	5	6	7	8
15	GROOTEGAST	0.	0.0	101.4	155.4	4600.9	4956.3
17	HAREN	0.	0.0	59.1	136.1	2094.3	2230.4
18	HOOGEZAND-SAPPEMEER	38.	28209.8	158.0	3390.9	1002.7	4393.5
22	LEEK	0.	0.0	177.0	250.7	4361.7	4620.4
25	MARUM	0.	0.0	113.1	115.6	4110.7	4226.2
29	MUNTENDAM	9.	11966.2	28.2	1372.7	127.9	1500.6
30	NIEUWE-PEKELA	10.	21972.0	125.3	2147.8	349.5	2497.3
36	OLDEKERK	0.	0.0	25.2	26.2	1855.8	1881.9
37	STADSKANAAL (****)	23.	186542.7	485.3	7966.0	1095.6	9061.7
38	OUDE-PEKELA	30.	36633.4	22.6	1233.8	20.4	1254.2
40	SLOCHTEREN	1.	9402.1	186.2	6115.7	3551.1	11666.9
47	VEENDAM	29.	154063.1	194.0	5337.7	472.5	5810.3
48	VLAGTWEDDE	31.	344026.1	863.1	11129.4	1044.4	12773.8
59	ACHTKARSPELEN	0.	0.0	159.3	174.8	6552.4	6727.3
65	DANTUMADEEL	0.	0.0	22.1	27.0	5634.1	5660.5
74	HEERENVEEN	0.	0.0	338.0	465.2	6510.3	6975.5
85	OOSTSTELLINGWERF	0.	0.0	1042.3	2665.9	11930.2	14596.1
86	OPSTERLAND	0.	0.0	352.1	401.9	14320.4	14722.3
90	SMALLINGERLAND	0.	0.0	133.2	140.4	7513.3	7653.6
94	TIETJERKSTERADEEL	0.	0.0	103.4	117.6	10350.8	10468.5
98	WESTSTELLINGWERF (****)	0.	0.0	561.6	890.3	15053.5	15943.8
105	ANLOO (****)	0.	0.0	341.9	4260.2	2039.3	6294.5
106	ASSEN	0.	0.0	310.9	1589.9	1200.6	2790.5
107	BEILEN	63.	339614.5	1751.4	5376.5	5415.9	10792.4
108	BORGER (****)	0.	0.0	572.5	6636.8	1877.9	8514.7
109	COEVORDEN	13.	14125.6	495.6	1082.1	1611.6	2693.7
110	DALEN	0.	0.0	735.1	2108.9	3165.4	5274.3
111	DIEVER	0.	0.0	352.9	545.0	2662.8	3207.7
112	DWINGELOO	0.	0.0	255.7	398.7	3033.2	3431.9
113	EELDE	0.	0.0	51.1	76.3	971.1	1047.4
114	EMMEN (****)	79.	149593.3	930.7	17207.1	1798.5	19005.6
115	GASSELTE (****)	45.	100512.4	80.1	2254.1	318.9	2572.9
116	GIETEN (****)	2.	4338.5	167.1	2120.3	646.4	2766.7
117	HAVELTE	0.	0.0	411.1	571.8	3213.9	3785.6
118	HOOGEVEEN	190.	113704.6	262.4	599.9	1872.8	2472.7
119	HEPPEL	0.	0.0	61.8	62.5	397.4	459.9
120	NORG	0.	0.0	777.6	2420.7	3382.6	5803.3
121	NIJEVEEN	0.	0.0	218.1	234.9	1984.4	2219.3
122	ODDORN (****)	19.	197851.8	488.6	10447.2	634.6	11081.8
123	OOSTERHESSELEN	13.	36049.6	466.6	2921.2	1973.1	4894.3
124	PEIZE	0.	0.0	81.9	125.3	1802.7	1928.0
125	RODEN	0.	0.0	220.3	522.8	3258.2	3781.0
126	ROLDE	0.	0.0	591.6	2521.5	2776.2	5297.7
127	RUINEN	0.	0.0	851.9	1380.5	5051.8	6432.3
128	RUINERWOLD	0.	0.0	283.7	292.0	3407.1	3699.0
129	SCHOONEBEEK	43.	47864.6	439.3	1116.1	1549.3	2665.4
130	SLEEN	0.	0.0	481.5	2813.1	2308.9	5122.0
131	SMILDE	5.	22643.4	393.1	4271.6	745.3	5060.9
132	VLEDDER	0.	0.0	270.2	553.0	1772.0	2325.0
133	VRIES	0.	0.0	1000.7	2183.8	5477.3	7661.1
134	WESTERBORK	64.	351655.6	1115.5	5462.0	3639.9	9101.9
135	DE WIJK	0.	0.0	393.1	409.2	2497.5	2906.8
136	ZUIDLAREN	0.	0.0	161.2	897.5	1242.9	2140.3
137	ZUIDWOLDE	0.	0.0	801.6	1559.7	5168.0	6727.7
138	ZWEELOO	0.	0.0	352.8	2128.7	1503.0	3631.7
143	AVEREEST	20.	43895.4	723.6	2191.7	3455.0	5646.6
157	GRAMSBERGEN	134.	281715.9	1111.2	2109.3	2439.5	4548.7
160	HARDENBERG	221.	1287867.9	2585.4	5838.8	6847.7	12686.6
	TOTAAL:		3885668.7	25895.8	143559.3	198564.8	342124.1

BIJLAGE 3

Gemeentelijke mestoverschotten in 1983 en 1986, berekend volgens milieu-hygiënische benadering, uitgedrukt in kg N/ha cultuurgrond, in m^3 mest per diersoort en in kg N-totaal.

Verklaring:

kolom 1: CBS-gemeentenummer
kolom 2: gemeentenaam
kolom 3: mestoverschot in kg N/ha cultuurgrond
kolom 4: overschot rundveedrijfmest in m^3 (1 m^3 = 4,4 kg N-totaal)
kolom 5: overschot mestkalverenmest in m^3 (1 m^3 = 3,0 kg N-totaal)
kolom 6: overschot varkensdrijfmest in m^3 (1 m^3 = 7,0 kg N-totaal)
kolom 7: overschot pluimveedrijfmest in m^3 (1 m^3 = 9,0 kg N-totaal)
kolom 8: overschot paarden/geiten/-schapenmest in m^3 (1 m^3 = 6,5 kg N-totaal)
kolom 9: totaal overschot in kg N-totaal

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	GROOTEGAST	244.	218036.7	745.1	17139.0	9515.0	6897.7	1212039.8
17	HAREN	109.	47622.9	0.0	1829.2	456.8	3235.5	247505.5
18	HOOGEZAND-SAPPEMEER	70.	30426.6	418.0	5853.6	13568.0	1340.4	306930.4
22	LEEK	260.	208434.0	3917.1	16591.5	15216.8	4906.7	1213859.1
25	MARUM	251.	209622.1	8409.9	12752.5	2720.6	4622.6	1091366.7
29	MUNTENDAM	29.	6459.7	0.0	903.9	1368.0	75.0	47555.8
30	NIEUWE-PEKELA	59.	29908.0	0.0	569.4	1440.0	331.4	150694.9
36	OLDEKERK	238.	94276.8	0.0	693.5	0.0	3325.7	441269.6
37	STADSKANAAL (****)	51.	74119.9	2224.2	13784.8	1127.7	2861.5	458172.7
38	OUDE-PEKELA	27.	1403.0	0.0	2418.0	1500.4	76.6	37101.3
40	SLOCHTEREN	67.	143274.6	5176.6	6943.3	5410.4	6754.2	787136.7
47	VEENDAM	37.	26257.0	224.4	2937.9	6833.1	1117.0	205527.2
48	VLAGTWEDDE	55.	165012.3	486.4	26353.9	6874.2	2058.7	723245.9
59	ACHTKARSPELEN	216.	272296.0	9037.4	10606.9	11243.9	7966.5	1452467.3
65	DANTUMADEEL	244.	278231.2	1390.4	6354.3	21264.8	9760.9	1527697.7
74	HEERENVEEN	215.	416481.9	0.0	837.5	4000.4	6005.2	1926421.4
85	OOSTSTELLINGWERF	215.	630925.2	5689.0	34622.9	10190.8	9505.9	3189004.2
86	OPSTERLAND	251.	749656.0	2859.7	25647.4	17979.9	12161.7	3727467.6
90	SMALLINGERLAND	235.	358250.7	164.7	6733.8	7672.1	6857.6	1737016.8
94	TIETJERKSTERADEEL	198.	457197.2	6934.4	5520.0	3911.9	15468.9	2206866.1
98	WESTSTELLINGWERF (****)	225.	751037.5	7946.4	15087.1	7571.7	12823.4	3592511.4
105	ANLOO (****)	57.	73063.5	0.0	2231.2	273.2	3525.1	362469.6
106	ASSEN	73.	39461.5	0.0	159.7	1565.6	2401.2	204446.7
107	BEILEN	157.	291727.3	6622.0	35306.2	8658.1	6413.8	1670222.6
108	BORGER (****)	62.	99283.7	0.0	7658.9	2206.2	3442.1	532689.8
109	COEVORDEN	187.	84619.7	250.8	14177.0	1393.8	1059.4	492628.6
110	DALEN	142.	137959.2	0.0	13233.1	5300.0	2750.8	765233.1
111	DIEVER	175.	110395.9	0.0	6948.8	1510.7	2682.3	565414.9
112	DWINGELOO	154.	116226.9	261.6	2120.3	1365.1	1619.8	549908.5
113	EELDE	90.	18659.6	0.0	67.2	90.2	1655.8	94146.9
114	EMMEN (****)	37.	102913.3	0.0	22958.0	7245.6	3683.2	702675.4
115	GASSELTE (****)	72.	18005.9	171.6	2725.0	8697.2	538.2	180569.5
116	GIETEN (****)	55.	22039.8	737.0	1154.4	3902.2	2389.6	157918.8
117	HAVELTE	160.	125099.4	0.0	4945.1	353.9	3398.6	610329.3
118	HOOGEVEEN	251.	62853.4	10467.6	21240.7	8038.4	2825.3	635352.9
119	MEPPEL	236.	22110.8	0.0	418.4	992.0	860.6	114738.4
120	NORG	111.	137668.7	2191.2	1952.3	1156.6	3557.3	659515.7
121	NIJEVEEN	238.	109603.0	2944.3	4937.7	397.9	1119.4	536506.7
122	ODOORN (****)	31.	50517.6	0.0	9672.9	5314.1	1799.2	349509.4
123	OOSTERHESSELEN	117.	88384.5	0.0	23877.8	1820.1	2099.5	586063.4
124	PEIZE	152.	61630.7	635.8	181.4	5.2	2480.8	290524.1
125	RODEN	132.	95128.9	2772.0	3966.6	3060.9	4627.8	512418.3
126	ROLDE	113.	123313.0	609.4	4125.4	1641.5	2607.0	605001.6
127	RUINEN	198.	230857.6	4422.0	20867.6	8273.6	5620.0	1286104.4
128	RUINERWOLD	209.	152281.1	1295.8	7472.0	5825.2	2407.9	794306.6
129	SCHOONEBEEK	156.	50511.8	908.6	15649.8	6059.6	1861.9	409658.6
130	SLEEN	110.	107380.0	0.0	6559.0	3498.8	1242.5	559900.8
131	SMILDE	66.	48303.3	1986.6	7519.2	4983.1	1283.4	324318.6
132	VLEDDER	161.	77184.6	0.0	1845.5	1232.8	1344.2	372363.0
133	VRIES	141.	221254.5	616.0	4320.6	3827.5	7283.9	1087404.5
134	WESTERBORK	132.	199688.4	1359.6	17606.0	19606.3	3855.3	1207465.4
135	DE WIJK	225.	126190.7	0.0	8467.0	4194.6	2432.8	666073.5
136	ZUIDLAREN	129.	57858.9	0.0	1357.9	135.2	1991.3	278226.5
137	ZUIDWOLDE	247.	274014.0	2706.0	27472.1	23245.2	3956.0	1641004.8
138	ZWEELOO	104.	71937.6	2490.4	6655.3	1769.0	1414.2	395597.1
143	AVEREEST	205.	194698.8	12058.2	31125.2	5285.0	3308.9	1179798.9
157	GRAMSBERGEN	205.	148040.7	3273.6	22739.6	8343.5	2447.5	911377.3
160	HARDENBERG	266.	449720.4	9977.0	119196.5	51727.7	6641.8	3351797.6
	TOTAAL:		9529720.1	124422.6	699313.6	362858.3	225126.7	51928279.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	GROOTEGAST	235.	199503.6	0.0	19973.9	10170.6	8289.4	1163049.1
17	HAREN	101.	41605.0	0.0	1757.2	380.0	3692.7	224964.6
18	HOOGEZAND-SAPPEMEER	79.	27673.2	0.0	5010.2	19772.0	2035.2	348010.2
22	LEEK	233.	186006.6	1439.2	17321.2	10022.9	6492.6	1076404.1
25	MARUM	243.	185419.7	6108.4	17477.5	3768.8	5368.4	1025327.9
29	HUNTENDAM	30.	4924.3	0.0	1358.9	1368.0	136.6	44380.2
30	NIEUWE-PEKELA	50.	23200.0	0.0	718.5	1493.3	538.8	125372.2
36	OLDEKERK	215.	84589.2	0.0	842.1	0.0	4219.6	405514.5
37	STADSKANAAL (****)	53.	67335.0	1108.8	19520.4	2897.1	3153.8	462616.6
38	OUDE-PEKELA	34.	1392.6	0.0	3024.0	1512.4	180.5	42080.6
40	SLOCHTEREN	66.	132374.2	4859.8	11821.1	4390.4	8307.2	773283.6
47	VEENDAM	48.	28963.4	0.0	2641.6	13885.1	1631.7	281502.2
48	VLAGTWEDDE	60.	100274.8	314.6	34789.8	7376.9	2685.5	769529.1
59	ACHTKARSPELEN	193.	236970.4	8403.5	10745.1	9171.8	11020.8	1297277.8
65	DANTUMADEEL	237.	217927.5	682.0	6714.7	28297.1	11938.4	1340202.7
74	HEERENVEEN	189.	358695.6	0.0	1817.5	4453.8	10165.5	1697143.1
85	OOSTSTELLINGWERF	192.	538196.8	863.5	35712.5	12482.8	9751.5	2796374.0
86	OPSTERLAND	230.	654420.5	0.0	32627.8	21326.3	14318.7	3392852.6
90	SMALLINGERLAND	204.	318581.9	1385.5	6957.4	5554.2	9267.7	1564846.5
94	TIETJERKSTERADEEL	185.	385429.8	7493.2	7016.2	5056.2	19379.3	1938969.1
98	WESTSTELLINGWERF (****)	199.	655424.9	12658.8	14206.6	6500.3	14043.8	3171079.6
105	ANLOO (****)	51.	61927.5	0.0	2074.0	4.0	5215.8	320937.9
106	ASSEN	70.	36038.7	0.0	145.1	176.0	5060.8	194065.6
107	BEILEN	154.	274603.7	6435.0	42058.3	10800.1	7095.8	1665292.6
108	BORGER (****)	63.	97029.7	4.4	8535.5	2788.9	3470.8	534352.2
109	COEVORDEN	192.	79019.6	468.6	20167.4	2233.8	1167.9	517959.2
110	DALEN	131.	120099.7	0.0	13806.1	5152.0	2888.6	690224.9
111	DIEVER	158.	97506.3	44.0	6494.0	1036.7	3648.8	507665.1
112	DWINGELOO	150.	106867.1	1126.4	2459.8	1286.0	1969.8	515190.7
113	EELDE	60.	11482.9	0.0	6.0	72.0	1842.6	63192.0
114	EMMEN (****)	139.	102540.6	0.0	28150.6	7499.4	4034.3	741950.6
115	GASSELTE (****)	76.	15167.7	0.0	3486.7	11216.9	684.0	196542.9
116	GIETEN (****)	55.	20334.9	0.0	1261.6	3794.2	3069.4	152404.1
117	HAVELTE	135.	104151.7	0.0	5001.1	50.0	2619.2	510749.4
118	HOOGEVEEN	255.	73837.1	10150.4	24165.9	9811.4	2703.7	630372.1
119	MEPPEL	222.	19310.2	0.0	559.4	964.0	702.2	102120.7
120	NORG	106.	124247.5	1801.8	2243.4	2558.3	3935.3	616402.0
121	NIJEVEEN	229.	100614.9	2256.7	6472.6	484.4	1555.4	509254.3
122	ODOORN (****)	35.	46992.5	0.0	15956.4	5544.4	1943.6	369878.7
123	OOSTERHESSELEN	120.	77654.5	0.0	26544.5	5002.3	2121.4	587180.6
124	PEIZE	134.	51128.8	677.6	181.4	0.0	4529.2	257709.0
125	RODEN	119.	81842.6	2444.2	3853.4	2100.0	5435.8	448646.5
126	ROLDE	99.	104024.1	585.2	4711.1	795.3	3561.2	522745.4
127	RUINEN	176.	198457.3	4428.5	20892.0	6915.9	5803.8	1132709.2
128	RUINERWOLD	195.	134233.4	1216.6	8954.5	5192.0	2519.1	720060.2
129	SCHOONEBEEK	161.	46384.6	915.2	19916.1	7820.5	2069.8	430088.1
130	SLEEN	103.	97772.7	0.0	8390.6	2921.0	1867.0	527358.2
131	SMILDE	54.	42629.9	2710.4	5005.5	3455.1	1449.5	271259.0
132	VLEDDER	146.	65145.1	0.2	3014.3	898.0	3523.7	338724.5
133	VRIES	125.	194560.1	167.2	3747.7	2543.3	7824.7	956550.0
134	WESTERBORK	139.	195935.1	818.4	21113.5	25469.9	4138.1	1268490.7
135	DE WIJK	209.	108719.1	0.0	10549.8	4443.1	2136.2	606085.7
136	ZUIDLAREN	119.	52854.0	2.2	633.4	436.0	2133.5	254790.1
137	ZUIDWOLDE	228.	243458.0	0.0	31254.5	23784.8	4637.8	1534204.7
138	ZWEELOO	93.	59379.1	2343.0	6461.3	1596.4	1370.8	336804.3
143	AVEREEST	193.	170829.0	15248.2	33556.3	3326.3	3927.6	1007835.5
157	GRAMSBERGEN	206.	127443.7	2725.2	30952.8	14619.6	2810.4	935441.4
160	HARDENBERG	260.	405864.0	10905.4	137320.7	53157.7	7072.9	3304246.4
	TOTAAL:		8401696.2	112791.9	812175.2	399839.7	269360.3	48340464.7

BIJLAGE 4

Gemeentelijke mestoverschotten in 1983 en 1986, berekend volgens ecologische criteria, uitgedrukt in kg P_2O_5/ha cultuurgrond, in m^3 mest per diersoort en in kg P_2O_5.

Verklaring:

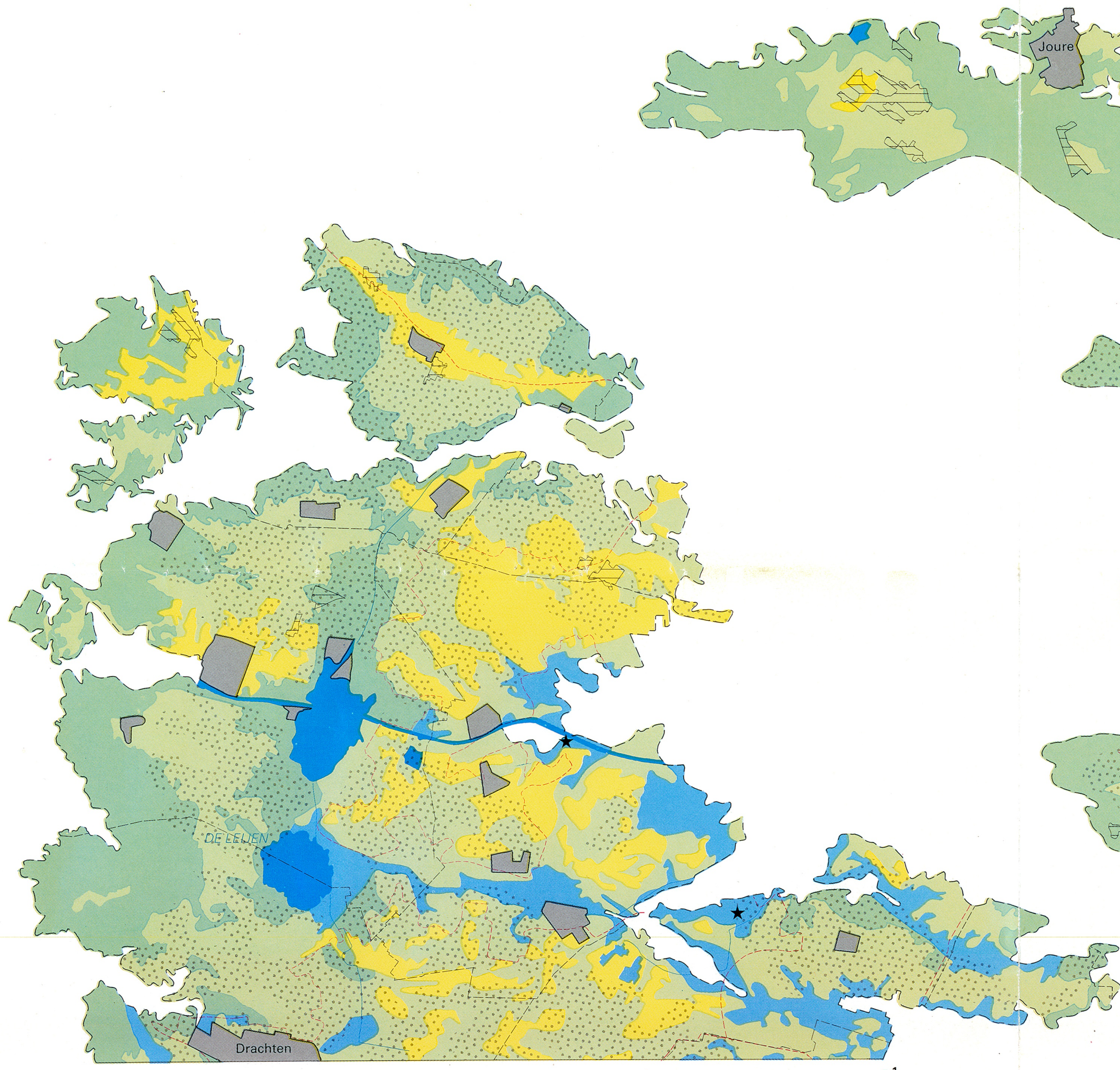
kolom 1: CBS-gemeentenummer
kolom 2: gemeentenaam
kolom 3: mestoverschot in kg P_2O_5/ha cultuurgrond
kolom 4: overschot rundveedrijfmest in m^3 (1 m^3 = 1,8 kg P_2O_5)
kolom 5: overschot mestkalverenmest in m^3 (1 m^3 = 1,3 kg P_2O_5)
kolom 6: overschot varkensdrijfmest in m^3 (1 m^3 = 4,7 kg P_2O_5)
kolom 7: overschot pluimveedrijfmest in m^3 (1 m^3 = 9,4 kg P_2O_5)
kolom 8: overschot paarden/geiten/-schapenmest in m^3 (1 m^3 = 5,9 kg P_2O_5)
kolom 9: totaal overschot in kg P_2O_5

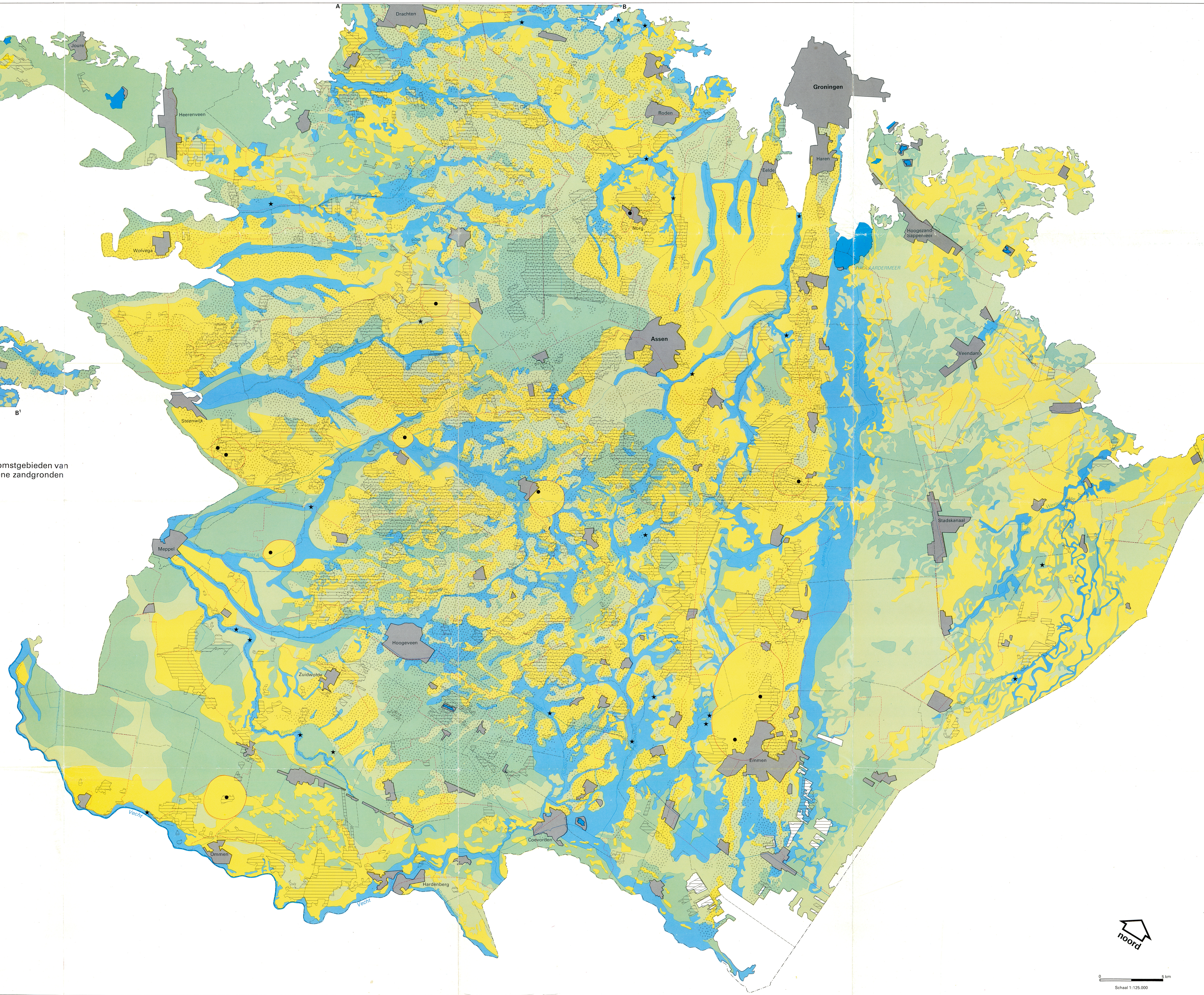
1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	GROOTEGAST	54.	49973.9	0.0	17100.6	8942.7	2785.8	270823.2
17	HAREN	19.	13262.5	0.0	1823.8	457.6	1264.7	44243.3
18	HOOGEZAND-SAPPEMEER	39.	5877.4	423.8	5839.0	13531.9	521.7	168851.4
22	LEEK	69.	48648.5	4069.2	16551.0	14921.8	1953.8	322439.4
25	NARUM	44.	46928.8	9665.9	12724.2	2550.2	1799.5	191430.1
29	MUNTENDAM	12.	990.0	0.0	903.2	1364.4	29.6	19026.4
30	NIEUWE-PEKELA	9.	3969.2	0.0	567.6	1436.2	124.5	24046.7
36	OLDEKERK	26.	20365.9	0.0	693.3	0.0	1360.1	47942.0
37	STADSKANAAL (****)	12.	12914.6	2255.3	13755.2	1124.7	1134.6	108094.0
38	OUDE-PEKELA	19.	251.5	0.0	2411.3	1445.7	28.5	25543.7
40	SLOCHTEREN	12.	19261.9	5249.0	6928.7	4990.7	2716.1	136997.7
47	VEENDAM	15.	1765.4	0.0	2934.7	6666.6	443.1	82269.6
48	VLAGTWEDDE	19.	31471.2	495.2	26302.0	6471.1	809.0	246513.5
59	ACHTKARSPELEN	33.	27178.5	6224.9	10588.4	10350.9	3187.7	222885.1
65	DANTUMADEEL	48.	26818.6	1409.8	6343.3	21045.6	4052.6	301659.4
74	HEERENVEEN	14.	38367.6	0.0	837.4	3857.7	3168.3	127952.8
85	OOSTSTELLINGWERF	25.	54036.4	0.0	34556.8	9741.2	3734.4	373283.2
86	OPSTERLAND	29.	65772.5	0.0	25599.0	17496.9	4790.1	431436.2
90	SMALLINGERLAND	24.	32504.4	0.0	6721.8	7232.7	2770.1	174431.6
94	TIETJERKSTERADEEL	16.	41805.3	3077.4	5511.7	3799.5	6328.1	178206.1
98	WESTSTELLINGWERF (****)	26.	128672.3	2737.4	16062.2	7306.9	5086.4	409355.7
105	ANLOO (****)	6.	10035.7	0.0	2226.9	272.5	1390.2	39294.1
106	ASSEN	16.	13244.4	0.0	159.1	1561.4	927.5	44737.5
107	BEILEN	41.	95932.3	6714.6	35238.3	8494.1	2557.6	441961.6
108	BORGER (****)	9.	8718.3	0.0	7648.7	2150.7	1366.5	79932.0
109	COEVORDEN	46.	22727.3	0.0	14144.4	1300.5	422.0	122102.3
110	DALEN	33.	32027.2	0.0	13208.4	5285.9	1069.8	175727.7
111	DIEVER	25.	16424.6	0.0	6932.0	1413.0	1056.8	81674.4
112	DWINGELOO	22.	26237.4	0.0	2117.7	1291.8	626.8	73033.2
113	EELDE	18.	7468.7	0.0	67.1	89.9	656.2	18476.0
114	EMMEN (****)	10.	7762.0	0.0	22920.7	6619.8	1456.7	192519.6
115	GASSELTE (****)	39.	1896.2	174.0	2722.4	8462.2	209.6	97216.1
116	GIETEN (****)	19.	3572.7	747.3	1152.8	3803.1	943.4	54135.9
117	HAVELTE	21.	26575.4	0.0	4934.4	351.6	1322.4	82134.9
118	HOOGEVEEN	87.	18822.0	5290.4	21188.9	7666.0	1120.2	219014.3
119	MEPPEL	41.	3677.5	0.0	418.3	989.4	336.3	19869.3
120	NORG	20.	50060.0	2221.8	1950.3	1085.3	1392.5	120560.0
121	NIJEVEEN	32.	23807.8	0.0	4926.5	370.2	443.4	72104.6
122	ODOORN (****)	10.	9431.4	0.0	9648.5	5051.7	712.3	114013.4
123	OOSTERHESSELEN	31.	10779.2	0.0	23804.9	1769.7	837.1	152859.6
124	PEIZE	19.	16615.1	0.0	180.9	5.2	978.0	36936.4
125	RODEN	27.	26885.4	0.0	3977.4	2858.8	1808.4	104629.9
126	ROLDE	18.	31296.4	300.9	4117.5	1522.7	1023.5	96429.2
127	RUINEN	40.	40158.6	0.0	20826.7	7921.0	2176.3	257469.0
128	RUINERWOLD	39.	29126.1	0.0	7461.1	5789.1	938.4	147448.3
129	SCHOONEBEEK	65.	19706.4	86.6	16807.9	5496.2	766.3	170767.0
130	SLEEN	20.	21216.9	0.0	6549.0	3173.9	606.1	102361.8
131	SMILDE	14.	0.0	0.0	5222.7	4516.0	499.5	69943.7
132	VLEDDER	23.	17432.8	0.0	1841.7	1121.4	510.5	53588.4
133	VRIES	30.	88546.5	0.0	4308.8	3511.4	2827.2	229322.9
134	WESTERBORK	42.	59041.6	1378.6	17564.2	19352.0	1530.4	381556.7
135	DE WIJK	43.	24339.2	0.0	8449.4	4117.3	948.9	127823.7
136	ZUIDLAREN	13.	8289.3	0.0	1354.7	132.8	800.6	27260.1
137	ZUIDWOLDE	66.	47841.8	0.0	27407.3	22985.7	1548.2	440129.2
138	ZWEELOO	18.	10079.4	0.0	6640.3	1702.3	541.6	68548.9
143	AVEREEST	46.	34396.3	0.0	31050.4	5077.3	1271.6	263078.9
157	GRAMSBERGEN	51.	21442.8	0.0	22680.0	8198.8	982.1	228056.2
160	HARDENBERG	96.	86721.7	0.0	118938.3	50403.4	2578.2	1207713.0
	TOTAAL:		1645393.2	52522.3	695543.8	350651.3	89277.6	10121902.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	GROOTEGAST	27.	45844.8	0.0	19933.0	9447.6	3366.9	264876.1
17	HAREN	20.	12855.8	0.0	1751.9	379.0	1528.1	43952.5
18	HOOGEZAND-SAPPEMEER	51.	5421.6	0.0	4997.6	19693.9	605.1	223120.4
22	LEEK	59.	44783.3	2574.5	17282.3	9719.7	2636.7	272105.5
25	MARUM	51.	42485.1	7914.8	17440.1	3607.2	2088.3	214959.6
29	MUNTENDAM	14.	747.5	0.0	1356.9	1364.4	54.0	20866.7
30	NIEUWE-PEKELA	7.	0.0	0.0	620.5	1476.1	208.5	10021.3
36	OLDEKERK	25.	18367.2	0.0	842.9	0.0	1742.2	47296.5
37	STADSKANAAL (****)	17.	15248.0	1124.3	19480.1	2747.6	1222.6	153504.5
38	OUDE-PEKELA	22.	0.0	0.0	2794.8	1457.7	57.9	27238.6
40	SLOCHTEREN	13.	17353.9	4927.8	11799.8	4049.6	3371.8	151062.0
47	VEENDAM	35.	0.0	0.0	2178.0	13662.0	648.7	142466.2
48	VLAGTWEDDE	24.	37240.0	319.0	34720.4	6901.0	1062.2	301774.9
59	ACHTKARSPELEN	29.	21539.0	2301.9	10729.2	6455.1	4470.6	166045.5
65	DANTUMADEEL	63.	18718.6	1143.9	6703.0	28019.7	4979.3	359447.7
74	HEERENVEEN	14.	26601.4	0.0	1814.5	4344.4	4066.2	121238.7
85	OOSTSTELLINGWERF	25.	38418.4	0.0	35649.6	11836.6	3646.7	370687.1
86	OPSTERLAND	32.	46931.9	0.0	32566.5	20825.3	5707.5	466971.5
90	SMALLINGERLAND	19.	23146.6	0.0	6945.7	5142.3	3777.4	144932.4
94	TYTSJERKSTERADEEL	18.	32069.6	2916.2	7006.3	4659.6	7997.6	185432.0
98	WESTSTELLINGWERF (****)	23.	112163.0	3797.7	14188.9	6403.4	5619.7	366866.6
105	ANLOO (****)	6.	8297.6	0.0	2069.9	4.0	2062.0	36667.1
106	ASSEN	13.	12267.3	0.0	144.7	175.5	2058.1	36554.0
107	BEILEN	45.	89881.9	6525.0	41960.6	10483.2	2822.7	482775.0
108	BORGER (****)	10.	8510.6	4.5	8522.4	2609.8	1367.9	87963.0
109	COEVORDEN	56.	19294.6	0.0	20117.4	2050.5	453.2	151231.2
110	DALEN	31.	24540.5	0.0	13780.8	5138.3	1122.2	163863.5
111	DIEVER	22.	11568.5	0.0	5480.3	979.0	1444.7	69007.0
112	DWINGELOO	20.	23329.9	0.0	2456.0	1215.2	761.2	69450.8
113	EELDE	14.	5442.1	0.0	6.0	71.6	722.0	14758.9
114	EMMEN (****)	12.	8637.6	0.0	28107.1	6807.4	1600.9	221086.7
115	GASSELTE (****)	48.	1545.6	0.0	3465.6	10891.0	265.0	123109.1
116	GIETEN (****)	19.	3292.7	0.0	1259.2	3648.1	1212.3	53760.3
117	HAVELTE	17.	18432.7	0.0	4989.7	47.9	1011.2	63046.5
118	HOOGEVEEN	99.	17002.8	3728.7	24106.4	9512.2	1056.6	244460.4
119	MEPPEL	38.	2432.9	0.0	559.3	961.4	270.4	17640.7
120	NORG	22.	46119.5	1827.0	2240.8	2350.9	1534.7	127169.1
121	NIJEVEEN	32.	18201.4	0.0	6459.9	454.8	519.7	71054.9
122	ODOORN (****)	14.	12556.5	0.0	15925.2	5238.0	757.5	151164.1
123	OOSTERHESSELEN	39.	9531.3	0.0	26462.9	4840.1	848.4	192034.3
124	PEIZE	18.	13044.1	0.0	180.9	0.0	1814.3	35033.6
125	RODEN	23.	21112.0	0.0	3844.2	1902.9	2151.3	86649.1
126	ROLDE	16.	27213.8	593.4	4701.0	736.4	1408.3	87062.1
127	RUINEN	35.	28406.5	0.0	20852.4	6655.2	2247.5	224957.4
128	RUINERWOLD	37.	22828.2	0.0	8940.7	5178.2	992.3	137641.6
129	SCHOONEBEEK	73.	17195.2	0.0	19868.7	7073.0	844.0	195800.1
130	SLEEN	20.	19387.1	0.0	6377.7	2624.2	729.0	103240.9
131	SMILDE	10.	0.0	0.0	4022.6	3135.6	574.7	51772.0
132	VLEDDER	24.	14069.8	0.0	3009.0	819.4	1419.9	55547.9
133	VRIES	25.	76669.4	0.0	3738.4	2320.2	3045.9	195356.1
134	WESTERBORK	49.	56703.5	829.8	21064.0	25136.2	1631.5	448051.9
135	DE WIJK	43.	16564.8	0.0	10526.5	4352.4	835.9	125135.2
136	ZUIDLAREN	12.	7495.4	2.2	632.9	434.8	854.2	25596.5
137	ZUIDWOLDE	67.	40142.9	0.0	31161.6	23575.7	1640.9	451283.5
138	ZWEELOO	18.	8895.6	0.0	6447.1	1547.9	527.2	63973.9
143	AVEREEST	43.	25180.8	0.0	33488.0	3222.6	1535.7	242071.9
157	GRAMSBERGEN	64.	3750.0	0.0	30868.4	14265.2	1137.4	292635.1
160	HARDENBERG	99.	60204.7	0.0	137036.4	51826.5	2758.5	1255864.0
	TOTAAL:		1359685.9	40530.7	806735.5	386541.2	107618.4	10569617.9

Ruimtelijke relaties door grondwaterstroming op de nederlandse zandgronden

blad 4 Noordelijk zandgebied





Overzichtskaart van drainagegebieden (samenhangende inkomst- en herkomstgebieden van ondiep grondwater), grondwaterwinningen en landgebruik op de Pleistocene zandgronden

LANDGEBRUIK

NATUUR

- Bos, heide, stuifzand
- ★ Onbemest grasland

CULTUUR

- Grasland, bouwland, boomgaard (Hiervoor is geen signatuur gebruikt binnen het onderzoeksgebied)
- Bebouwing

DRINKWATERWINNING (vnl. freatische winningen)

- Beschermingsgebied van drinkwaterwinningen (25-jaarszone)
- ● Pompstation

- Keileem

WATERHUISHOUDING

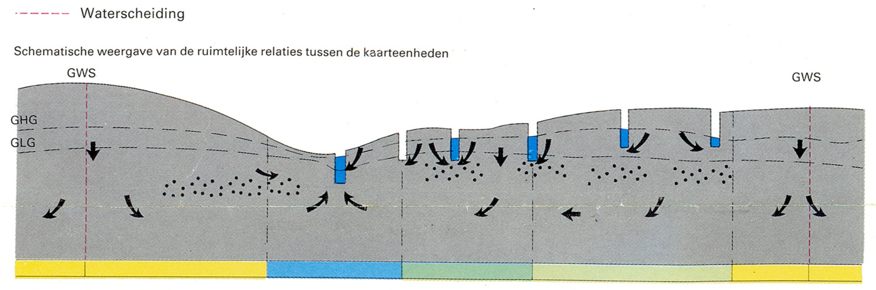
GRONDWATER

- Herkomstgebied (infiltratiegebied)
- Hydrologisch geïsoleerd gebied
- Hydrologisch geïsoleerd gebied
- Inkomstgebied (kwelgebied)

Zie voor toelichting het schema op blad 3a Zuidelijk Zandgebied

- Waterscheiding

Schematische weergave van de ruimtelijke relaties tussen de kaarteenheden



- Afstromingsrichting ondiep grondwater
- Matig tot slecht doorlatende laag (keileem)

- GWS Grens stroomgebied (grondwaterscheiding)
- GHG Gemiddelde hoogste grondwaterstand
- GLG Gemiddelde laagste grondwaterstand

OPPERVLAKTEWATER

- Drainerende watergang
- Stilstaand oppervlaktewater (ven, plas)

OVERIGE

- Grens onderzoeksgebied
- Gemeentegrens
- Landsgrens

Auteurs:
de Wit, N.H.S.M. en Bleuten, W.;
R.U. Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie

Opdrachtgever: Rijksplanologische Dienst
Kartografie en reprografie: Kartografisch Lab. van het Geografisch Instituut, Utrecht
Druk: drukkerij Giethoorn, Meppel

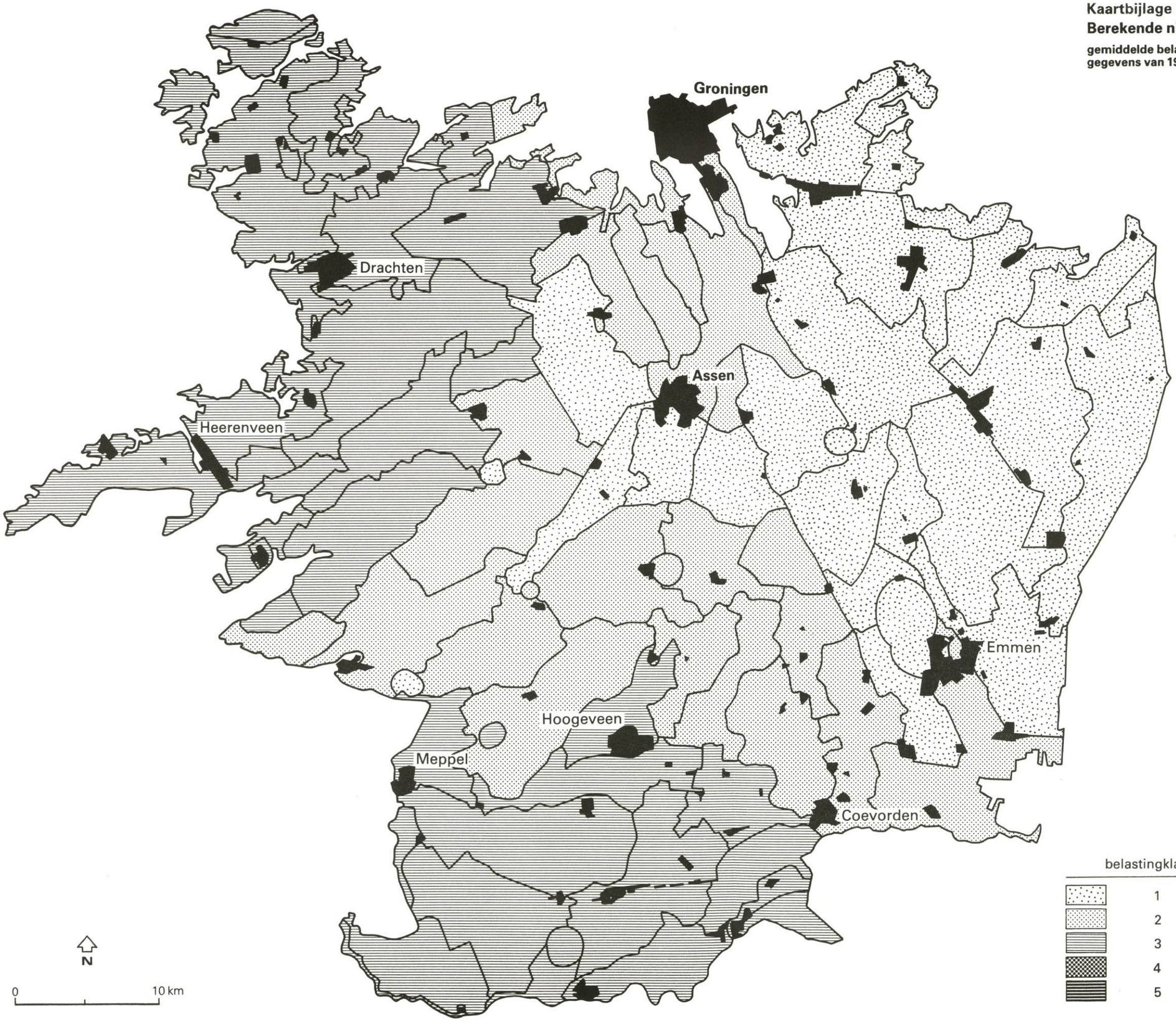
© Geografisch Instituut der R.U. Utrecht

Kaartbijlage I bij 'Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater in het Noordelijk zandgebied'.
Auteurs: de Wit en Bleuten, 1988.

Kaartbijlage 2b Noordelijk Zandgebied

Berekende nitraatbelasting van het ondiepe grondwater

gemiddelde belasting per stroomgebied op basis van gegevens van 1986

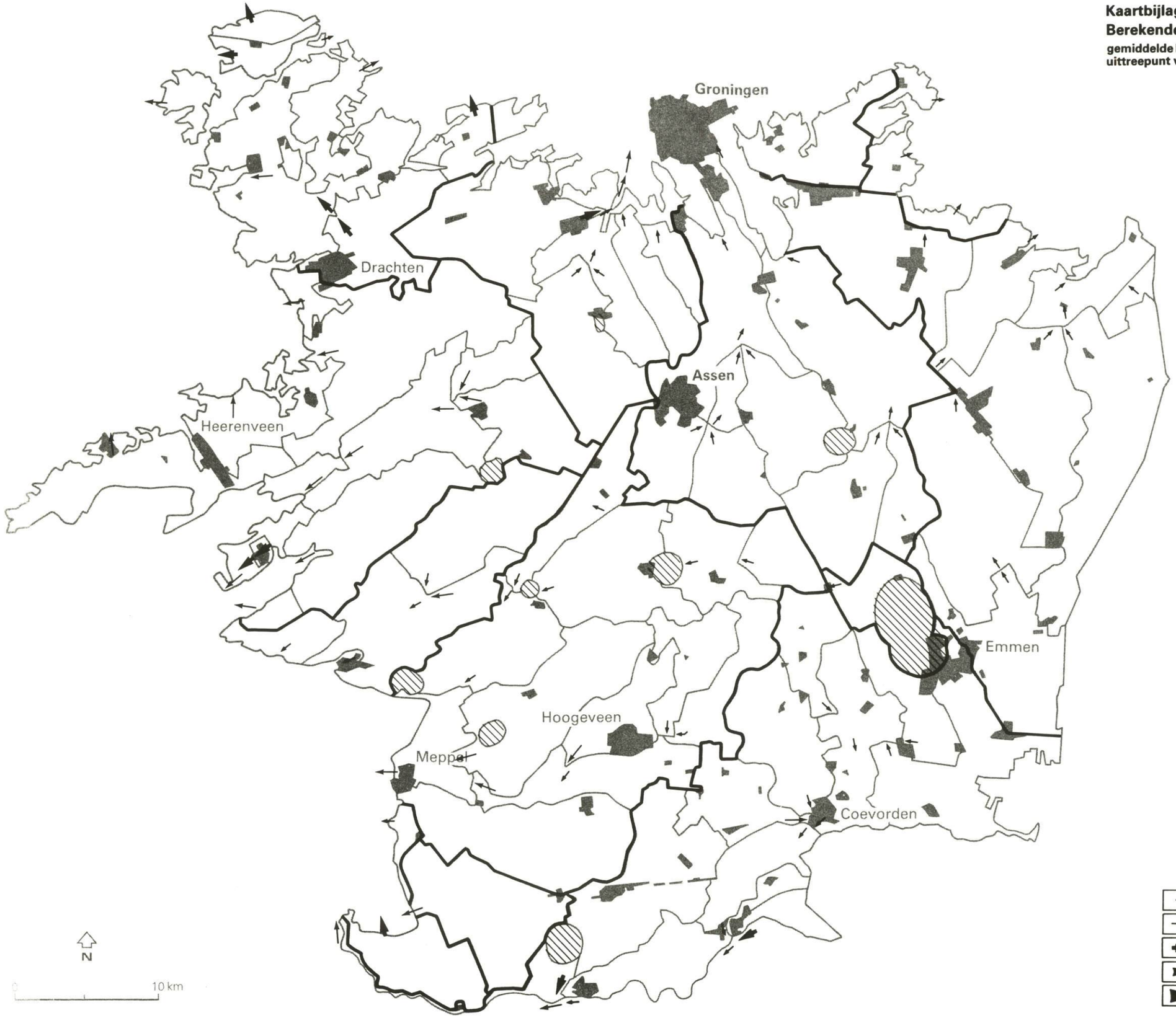


belastingklasse	berekende gemiddelde belasting (mg NO_3/l) bij 80% denitrificatie	bij 20% denitrificatie
1	0.0 - 25.0	0.0 - 100.0
2	25.1 - 50.0	100.1 - 200.0
3	50.1 - 100.0	200.1 - 400.0
4	100.1 - 150.0	400.1 - 600.0
5	150.1 - 200.0	600.1 - 800.0

Kaartbijlage 3a Noordelijk Zandgebied

Berekende nitraatbelasting van het oppervlaktewater

gemiddelde belasting van de hoofdwatergang in het intree- en uittreepunt van het stroomgebied op basis van 1983



grens hoofdstroomgebied

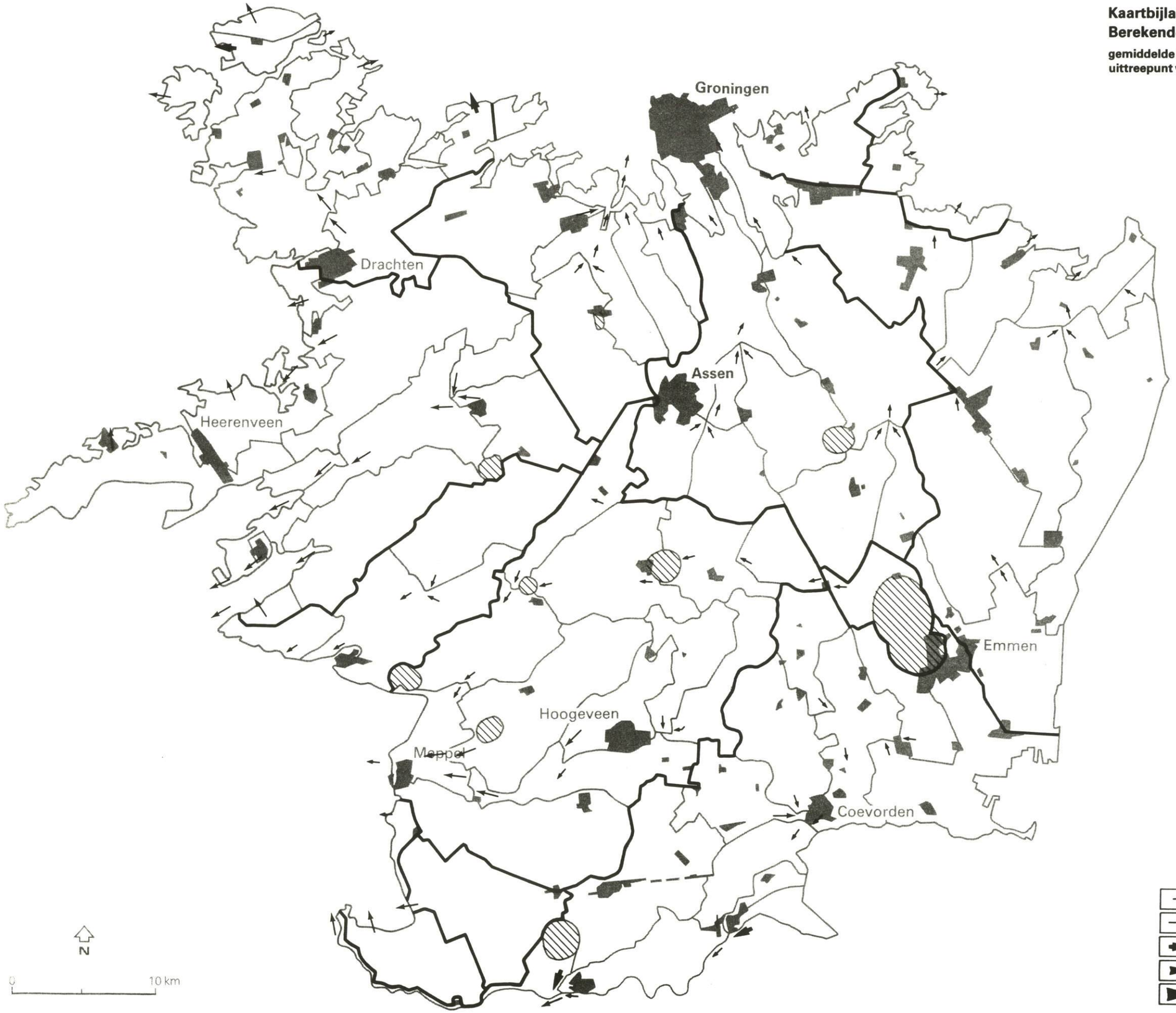
grens stroomgebied

25-jaarszône waterwingebied

belastingklasse	berekende gemiddelde belasting (mg NO_3/l)
1	0 - 13.2
2	13.3 - 20.0
3	20.1 - 30.0
4	30.1 - 40.0
5	≥ 40.1

Kaartbijlage 3b Noordelijk Zandgebied
Berekende nitraatbelasting van het oppervlaktewater

gemiddelde belasting van de hoofdwatergang in het intree- en uittreepunt van het stroomgebied op basis van gegevens van 1986



grens hoofdstroomgebied

grens stroomgebied

25-jaarszône waterwingebied

belastingklasse	berekende gemiddelde belasting (mg NO_3/l)
1	0 - 13.2
2	13.3 - 20.0
3	20.1 - 30.0
4	30.1 - 40.0
5	≥ 40.1