

**NITRAATBELASTING VAN HET GRONDWATER IN HET ZUIDOOSTEN
VAN NOORD-BRABANT**

J. Drent, J.G. Kroes en P.E. Rijtema

RAPPORT 26

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING (ICW)
POSTBUS 35, 6700 AA WAGENINGEN **1988**

130939

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Dienst Waterstaat,
Milieu en Vervoer van de provincie Noord-Brabant.

Copyright© 1988
Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Postbus 35, 6700 AA Wageningen
Tel. 08370-19100

ISSN 0921-089X

VOORWOORD

Per brief van 28 mei 1986 van de hoofdingenieur-directeur van de Provinciale Waterstaat van de provincie Noord-Brabant is aan het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding opdracht verstrekt een onderzoek te doen naar de nitraatbelasting van het grondwater in het zuid-oosten van Noord-Brabant.

Aanleiding tot deze opdracht is een situatie van overdosering van organische mest in zandgebieden met mestoverschotten die op grond van thans beschikbare gegevens leidt tot de uitspoeling van nitraat naar het grondwater.

Dit rapport is tot stand gekomen mede dankzij de medewerking van ir. P.E.V. van Walsum die de bemestingsscenario's heeft samengesteld op basis van gegevens en methoden van het ICW-project "Optimalisering Regionaal Waterbeheer" en de medewerking van ing. E.P. Querner die met behulp van het hydrologische model SIMGRO de noodzakelijke hydrologische gegevens voor het studiegebied heeft berekend.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES	1
1. INLEIDING	5
2. UITGANGSPUNTEN VOOR DE MODELBEREKENINGEN	7
3. BESCHRIJVING STUDIEGEBIED	11
4. MODELBESCHRIJVING EN INVOER BEMESTING	17
4.1. Regionale waterhuishouding (SIMGRO)	17
4.2. Nitraatuitspoeling (ANIMO)	19
4.3. Koppeling tussen waterhuishouding en nitraatuitspoeling	24
4.4. Bemestingsscenario's	27
5. RESULTATEN	32
5.1. Algemeen	33
5.2. Initialisatie	35
5.3. Scenario A (bemestingsniveau en hydrologie 1982)	41
5.4. Scenario B (gefaseerde P-norm, hydrologie 1982)	46
5.5. Scenario C (gefaseerde P-norm, fictieve hydrologie)	55
5.6. Scenario D (gefas.P-norm, fict.hydrologie, extra P4-norm)	61
5.7. Scenario E (uitrijverbod)	64
5.8. Belasting oppervlaktewater	66
LITERATUUR	67

BIJLAGEN

1. Per subgebied de laagindeling
2. N-giften per subgebied volgens P1- en P2-norm
3. N-giften per subgebied volgens P3- en P4-norm
4. Grondwaterstanden per subgebied
5. Wegzijging/kwel en berekening per subgebied
6. Gebiedsoverzicht met gebiedsnummering
(apart bijgevoegd als doorzichtig vel)

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Inleiding en uitgangspunten

In opdracht van de Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant is door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding een studie verricht naar de nitraatbelasting van het grondwater in een studiegebied gelegen in het zuid-oosten van Noord-Brabant.

In de studie zijn de nitraatconcentraties in het ondiepe en diepe grondwater berekend met op het ICW ontwikkelde modellen voor de regionale waterhuishouding (model SIMGRO) en voor de stikstofhuishouding in de bodem (model ANIMO). Beide modellen zijn hiervoor zodanig gekoppeld dat een regionale verspreiding van het nitraatgehalte in grond- en oppervlaktewater kon worden berekend.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een 5-tal scenario's:

scenario A: voortzetting van het bemestingsniveau van 1982 tot 2013 resp. 2043, zonder uitrijverbod met grondwateronttrekkingen volgens het niveau van 1982.

scenario B: Bemesting met een verlaging in fasen tot 2013 resp. 2043 met grondwateronttrekkingen volgens het niveau van 1982.

scenario C: Bemesting als in scenario B tot 2013, maar met uitbreiding van de huidige grondwateronttrekkingen.

scenario D: Bemesting en onttrekking van grondwater als in scenario C tot 2013, maar vanaf 1987 in de beschermingszones van waterwingebieden de gestelde eindnorm.

scenario E: Bemesting en hydrologie gelijk aan A tot 2013, maar vanaf 1987 een uitrijverbod in het najaar.

Deze scenario's zijn doorgerekend over perioden van 30 en 60 jaar, met een presentatie van de resultaten na 12, 30 en 60 jaar. Door de uitkomsten van de verschillende scenario's onderling te vergelijken kunnen de effecten van verschillende maatregelen op het gebied van bemesting en onttrekking van grondwater op de nitraatuitspoeling worden geëvalueerd.

De uitkomsten blijken erg gevoelig te zijn voor de snelheid waarmee nitraat in de ondergrond wordt gedenitrificeerd. Verantwoordelijk

hiervoor is in sterke mate de afbraaksnelheid van de organische stof in de ondergrond. Op basis van literatuuronderzoek en toetsing aan veldgegevens is deze afbraaksnelheid ingesteld op een halfwaardetijd van 500 jaar.

Bij de modelberekeningen is verondersteld dat de organische stof in de ondergrond regelmatig over het profiel is verdeeld. Verder is ervan uitgegaan dat in de ondergrond geen andere stoffen met reducerende eigenschappen voorkomen (zoals pyriet).

De studie heeft een regionaal karakter, zodat de berekende nitraatconcentraties alleen een regionale betekenis hebben; ze mogen niet zonder meer worden vergeleken met lokale waarnemingen.

De invoergegevens met betrekking tot bodemgebruik, veebezetting, mestdosering en onttrekking van grondwater hebben betrekking op de situatie van 1982 in het studiegebied.

Het studiegebied is opgedeeld in 31 subgebieden met een gemiddelde oppervlakte van ruim 1000 ha. Het gebied wordt door de Peelrandbreuk in twee delen gesplitst: Slenk en Horst, die worden gekenmerkt door grote verschillen in de opbouw van de ondergrond. In de Slenk bevindt zich een afdekkend pakket met een dikte tot 25 m en daaronder een 50 m dik watervoerend pakket. In de Horst varieert het afdekkend pakket in dikte 5.1 en 12.3 m, terwijl de watervoerende laag slechts max. 20 m dik is.

Resultaten

Voor een goede startsituatie met betrekking tot de nitraatconcentraties in de verschillende lagen per subgebied is de voorgeschiedenis over de periode 1953-1983 afzonderlijk doorgerekend. Het resultaat is dat in 1983 in de Slenk op diepten groter dan 6 m-mv geen nitraat voorkomt, terwijl in de Horst in slechts twee subgebieden tot op 12 m-mv nitraatconcentraties worden berekend tot $11 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$. Deze uitkomsten komen redelijk overeen met de meetgegevens in het studiegebied op dat tijdstip.

Een voortzetting van het bemestingsniveau van 1983 zonder uitrijverbod (scenario A) gedurende 60 jaar levert in de Slenk een situatie op van een continue afbraak van nitraat in de bovenste 15 m

van het profiel. Terwijl in de laag tot 6 m-mv gehalten worden berekend tot $90 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ worden in de laag tot 25 m-mv gehalten berekend tot max. 1 a 2 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ per liter. De geringe hoeveelheid nitraat die na 60 jaar in het watervoerende pakket van de Slenk wordt berekend is afkomstig van de Horst als gevolg van de regionale waterstroming. Vanwege de veel dunnere lagen in de Horst bereikt het nitraat daar wel het watervoerende pakket tot gehalten van $20 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$.

Tussen de subgebieden bestaan grote verschillen in nitraatbelasting van de ondergrond. Deze worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de hydrologische omstandigheden ter plaatse. In gebieden met een intensieve kwel in zomer en winter blijft het nitraatgehalte in het grondwater laag.

Het in werking treden van beperkingen in het uitrijden van organische mest door middel van een verlaging in fasen volgens het Besluit gebruik dierlijke meststoffen van de Rijksoverheid (scenario B) heeft tot gevolg dat in de Slenk en de Horst een zodanige evenwichtssituatie in het bovenste grondwater ontstaat tussen aan- en afvoer van nitraat dat ook na 60 jaar doorrekenen het nitraat niet dieper dan ca 6 m-mv. in het profiel doordringt. De watervoerende lagen in zowel Slenk als Horst worden in deze situatie vrijwel niet met nitraat belast. Hierbij moet nog worden opgemerkt dat het stikstofbemestingsniveau in dit scenario op het door de landbouw voor hoge produkties gewenste niveau is gehandhaafd.

Een onttrekking van grondwater heeft een daling van de grondwaterstand tot gevolg. Het gevolg is een verbetering van de aeratiemogelijkheden en daardoor een geringere denitrificatie. Het effect van een dergelijke ingreep (scenario C) levert in de subgebieden waar deze onttrekking plaats vindt alleen op een diepte van 1.5 - 6.0 m-mv een toename in nitraatgehalten op van 20 - 25 %. In de andere subgebieden en op grotere diepten is de verandering in nitraat als gevolg van deze onttrekking slechts marginaal.

Een versnelde invoer van een beperking in de bemesting (scenario D) in een waterwingebied heeft in dat gebied een versnelde teruggang van de nitraatgehalten tot gevolg. Duurt het in een situatie van een gefaseerde teruggang in bemesting (scenario C) ca 17 jaar voor het

nitraatgehalte op 1.5 - 6.0 m-mv beneden de 10 mg NO₃-N.l⁻¹ komt, bij een directe invoering van de eindnorm (scenario D) wordt dat gehalte na 8 jaar bereikt.

Een uitrijverbod in het najaar (scenario E) resulteert over 30 jaar in een vermindering van de nitraatbelasting t.o.v. de gegevens van scenario A echter slechts in geringe mate, vooral als dit wordt vergeleken met het effect van de invoer van een gefaseerde beperking van de bemesting, incl. uitrijverbod (scenario B).

1. INLEIDING

In het waterleidingbesluit van 1 juli 1984 zijn de normen voor nitraat in het drinkwater vastgesteld. Deze zijn gebaseerd op de richtlijn van de Europese Gemeenschap voor drinkwater uit 1980.

De afgelopen jaren is het nitraatgehalte van het opgepompte grondwater van een aantal waterwinstations onrustbarend gestegen. Vooral zandgebieden zijn gevoelig voor het indringen van nitraat tot in het grondwater, als gevolg van het overdoseren met dierlijke mest van maisland en het sterk toegenomen kunstmestgebruik op grasland. De Rijksoverheid heeft in verband hiermee maatregelen genomen in de vorm van maximaal toelaatbare fosfaatgiften en het opleggen van een uitrijverbod in het najaar. De effecten van deze maatregelen op de nitraatbelasting van het grondwater in het zuid-oosten van de provincie Noord-Brabant zijn onderwerp van studie geweest. De resultaten ervan zijn in dit rapport gegeven.

Het doel van de studie was het verkrijgen van inzicht in de ontwikkeling van het nitraatgehalte in het ondiepe en diepe grondwater in afhankelijkheid van verschillende ontwikkelingen met betrekking tot grondwaterwinning en het gebruik van dierlijke meststoffen over een periode van 30 jaar. Het onderzoek moest worden uitgevoerd op een regionale schaal met toepassing van op het ICW ontwikkelde modellen voor de beschrijving van de regionale waterhuishouding en de stikstofhuishouding in de bodem.

De keuze van het studiegebied werd bepaald door het uitgangspunt dat zoveel mogelijk gebruik moest worden gemaakt van bestaande gegevens. Aangezien het ICW in verband met het project: 'Optimalisering regionaal waterbeheer in gebieden met tegengestelde belangen' veel veldgegevens had verzameld in het zuid-oosten van de provincie Noord-Brabant en bovendien een aantal modellen operationeel had gemaakt voor dat gebied werd op grond van doelmatigheid besloten voor het onderhavige project hetzelfde studiegebied te nemen.

De gebiedsgegevens die voor deze studie van belang waren, zijn in hoofdstuk 3 vermeld. In hoofdstuk 4 is een korte toelichting gegeven

op de simulatiemodellen die voor de berekeningen zijn gebruikt. De resultaten zijn in hoofdstuk 5 zodanig gegeven dat de uitkomsten van de verschillende scenario's voor mesttoediening en wateronttrekking met elkaar kunnen worden vergeleken.

2. UITGANGSPUNTEN VOOR DE MODELBEREKENINGEN

De regionale verspreiding van het nitraatgehalte in het grondwater is berekend met behulp van wiskundige modellen. In verband daarmee zijn voor het bodemgebruik, de bemesting, de weerjaren en de onttrekking van grondwater een aantal afspraken gemaakt in relatie tot de door te rekenen scenario's voor bemesting en hydrologie. Deze scenario's zijn doorgerekend op een regionale schaal met behulp van het hydrologische model SIMGRO en het stikstofmodel ANIMO.

Bodemgebruik

Het landbouwkundig bodemgebruik is voortdurend aan veranderingen onderhevig, zowel naar type als naar intensiteit. Een voorspelling van het toekomstige gebruik is dan ook erg onzeker. Daarom is voor de periode waarover wordt gerekend het bodemgebruik gefixeerd op de situatie van 1982. De gegevens hiervoor zijn afgeleid uit de landbouwmetelling van dat jaar en aangevuld met veldonderzoek.

Bemesting

In het Besluit gebruik dierlijke meststoffen van de Rijksoverheid zijn normen opgenomen voor het gebruik van deze meststoffen op landbouwgrond en is een regeling vastgesteld voor de uitrijperiode van dierlijke mest. Deze normen zijn gebaseerd op maximaal toelaatbare fosfaatdoseringen. Met het besluit is vastgelegd dat de opgestelde normen worden ingevoerd in fasen met tijdstappen van 4 jaar. In tabel 1 is een overzicht gegeven van deze fasen.

Weerjaren

Uit een analyse van een lange periode van weerjaren blijkt dat de gemiddelde maandgegevens over de periode 1-10-'77 tot 1-10-'78 redelijk overeenkomen met KNMI-maandgemiddelden over een langjarige periode. Op grond hiervan zijn de meteorologische gegevens van 1-10-'77 tot 1-10-'78 gebruikt voor het doorrekenen van langjarige reeksen.

Tabel 1. Toegestane (fase 1 en 2) en indicatieve (fase 3 en eindnorm) fosfaatdosering in kg P₂O₅/ha/jr volgens het Besluit gebruik dierlijke meststoffen van de Rijksoverheid. Fase 0 is de huidige situatie zonder beperkingen voor de fosfaatdosering.

	Ingangsjaar	Dosering		
		bouwland	snijmais	grasland
Fase 0	voor 1987	vrij	vrij	vrij
Fase 1	1987	125	350	250
Fase 2	1991	125	250	200
Fase 3	1995	125	175	175
Eindnorm	2000	70	75	110

De cijfers in tabel 1 zijn gebruikt als uitgangspunt voor de bemestingsscenario's die zijn doorgerkend. De mestgift voor geproduceerde mest in het studiegebied binnen de grenzen van het gebied wordt verwerkt. De mestproduktie is hierbij gebaseerd op de veebezetting van 1982.

Onttrekking van grondwater

De onttrekking van grondwater in het studiegebied vindt plaats voor de drink- en industriewatervoorziening en voor de beregening in de landbouw. Voor de berekeningen is de onttrokken hoeveelheid vastgesteld op basis van twee uitgangssituaties.

1. De grondwateronttrekking voor de drink- en industriewatervoorziening is gefixeerd op het niveau van 1982; de grondwateronttrekking voor beregening is gebaseerd op de beregeningscapaciteit van 1982.
2. Er is een uitbreiding van de huidige grondwaterwinningen verondersteld door invoering van twee fictieve pompstations; de uitbreiding van de beregening door de landbouw is gebaseerd op een hoeveelheid die bekend staat als het tussenscenario van de Studiecommissie Waterbehoefte Land- en Tuinbouw (SWLT, 1980).

Scenario's voor bemesting.

1. Voortzetting van de bemesting volgens het niveau van 1982 tot resp. 2013 en 2043.
2. Bemesting met een gefaseerde verlaging volgens de fosfaatnormen in het Besluit dierlijke meststoffen van de Rijksoverheid tot resp. 2013 en 2043 met vanaf 2000 continuering van de eindnorm "gift is onttrekking"; er is een uitrijverbod in het najaar.
3. Bemesting als in scenario 2 tot 2013, echter vanaf 1987 in de beschermingszones van waterwingebieden de gestelde eindnorm.
4. Voortzetting van de bemesting als in scenario 1 tot 2013 met vanaf 1987 een uitrijverbod in het najaar.

Een uitrijverbod in het najaar houdt bij de modelberekeningen in dat de organische mest alleen in het voorjaar wordt uitgereden. Dit betekent voor mais: mestverspreiden tussen 14 februari en 1 mei, voor bouwland tussen 14 februari en 1 april en voor grasland tussen 14 februari en 1 november, vanwege mestproductie door weidend vee.

Scenario's die zijn doorgerekend.

Niet alle potentiële combinaties van bemesting en onttrekking van grondwater zijn doorgerekend, alleen de volgende meest relevante:

- Scenario A: Voortzetting van de huidige bemesting tot 2013 resp. 2043 (bemestingsscenario 1) met grondwateronttrekkingen volgens het niveau van 1982 (onttrekking van grondwater 1).
- Scenario B: Bemesting met een verlaging in fasen tot 2013 resp. 2043 (bemestingsscenario 2) met grondwateronttrekkingen volgens het niveau van 1982 (onttrekking van grondwater 1).
- Scenario C: Bemesting als in scenario B tot 2013 maar met uitbreiding van de huidige grondwateronttrekkingen (onttrekking van grondwater 2).
- Scenario D: Bemesting en onttrekking van grondwater als in scenario C tot 2013, maar vanaf 1987 in de beschermingszones van waterwingebieden de gestelde eindnorm (bemestingsscenario 3, onttrekking van grondwater 2).
- Scenario E: Bemesting en hydrologie gelijk aan A tot 2013, maar vanaf 1987 een uitrijverbod in het najaar (bemestingsscenario 4, onttrekking van grondwater 1).

Modellen

Voor de uitvoering van het onderzoek is gebruik gemaakt van de volgende op het ICW ontwikkelde modellen.

a. SIMGRO

Het model SIMGRO is ontwikkeld voor het simuleren van de waterhuishouding in een regio. Hiermee kunnen de effecten van verschillende activiteiten van watergebruikers worden berekend. Onder activiteiten dient hier te worden verstaan: het onttrekken van grondwater en het aanvoeren van oppervlaktewater voor beregening en/of peilbeheer.

b. ANIMO

Het model is ontwikkeld voor het simuleren van de stikstofhuishouding in de onverzadigde en verzadigde zone. Hiermee kan de nitraatverontreiniging van grond- en oppervlaktewater worden berekend in afhankelijkheid van bodemgebruik, water- en meststoffenbeheer.

Beide modellen zijn zodanig gekoppeld dat een regionale verspreiding van het nitraatgehalte in grond- en oppervlaktewater kan worden berekend.

3. BESCHRIJVING STUDIEGEBIED

Als studiegebied is gekozen voor een gebied gelegen in het zuid-oosten van de provincie Noord-Brabant met een overlap naar de provincie Limburg. Het gebied wordt begrensd door de Zuid-Willemsvaart in het westen, de Noordervaart in het zuiden, de Middenpeel weg in het oosten en een denkbeeldige lijn tussen de plaatsen Helmond, Bakel, Milheeze in het noorden.

Dit gebied wordt gekenmerkt door een zeer intensief landbouwkundig bodemgebruik en een overschot aan dierlijke mest vanwege de intensieve veehouderij. In perioden van neerslagtekorten wordt oppervlaktewater en grondwater gebruikt voor beregening.

In het gebied wordt op twee lokaties grondwater voor de openbare watervoorziening opgepompt. Daarnaast wordt het grondwater voor koeling en andere doeleinden gebruikt door de industrie. Het gebied heeft zijn huidige vorm gekregen na het afgraven van het hoogveen en het in cultuur brengen van de afgegraven grond. Restanten van de afgegraven gronden worden nu als natuurgebieden bewaard.

Subgebiedsindeling

De Peelrandbreuk verdeelt het studiegebied in tweeën. Ten westen van deze breuk bevindt zich de Slenk met diepe grondwaterpakketten, ten oosten ervan ligt de Horst met een ondiep grondwaterpakket. Op basis van verschillen in bodemfysische eigenschappen en verschillen in de gemiddeld hoogste grondwaterstanden (Smidt, 1983) is een verdere indeling gemaakt resulterend in 31 subgebieden, weergegeven in fig. 1.

Bodemgebruik

De huidige landbouw in het studiegebied wordt gekenmerkt door een intensieve exploitatie van de landbouwgronden en door een intensieve veehouderij. Het gebied behoort in Nederland tot de gebieden met de grootste veedichtheid. De landbouw is gedurende de afgelopen decennia aan belangrijke veranderingen onderhevig geweest, waarbij het markt- en prijsbeleid van de Europese Gemeenschap een belangrijke sturende factor was. De ontwikkeling van het bodemgebruik in het gebied is gegeven in tabel 2 over de periode 1935-1985.

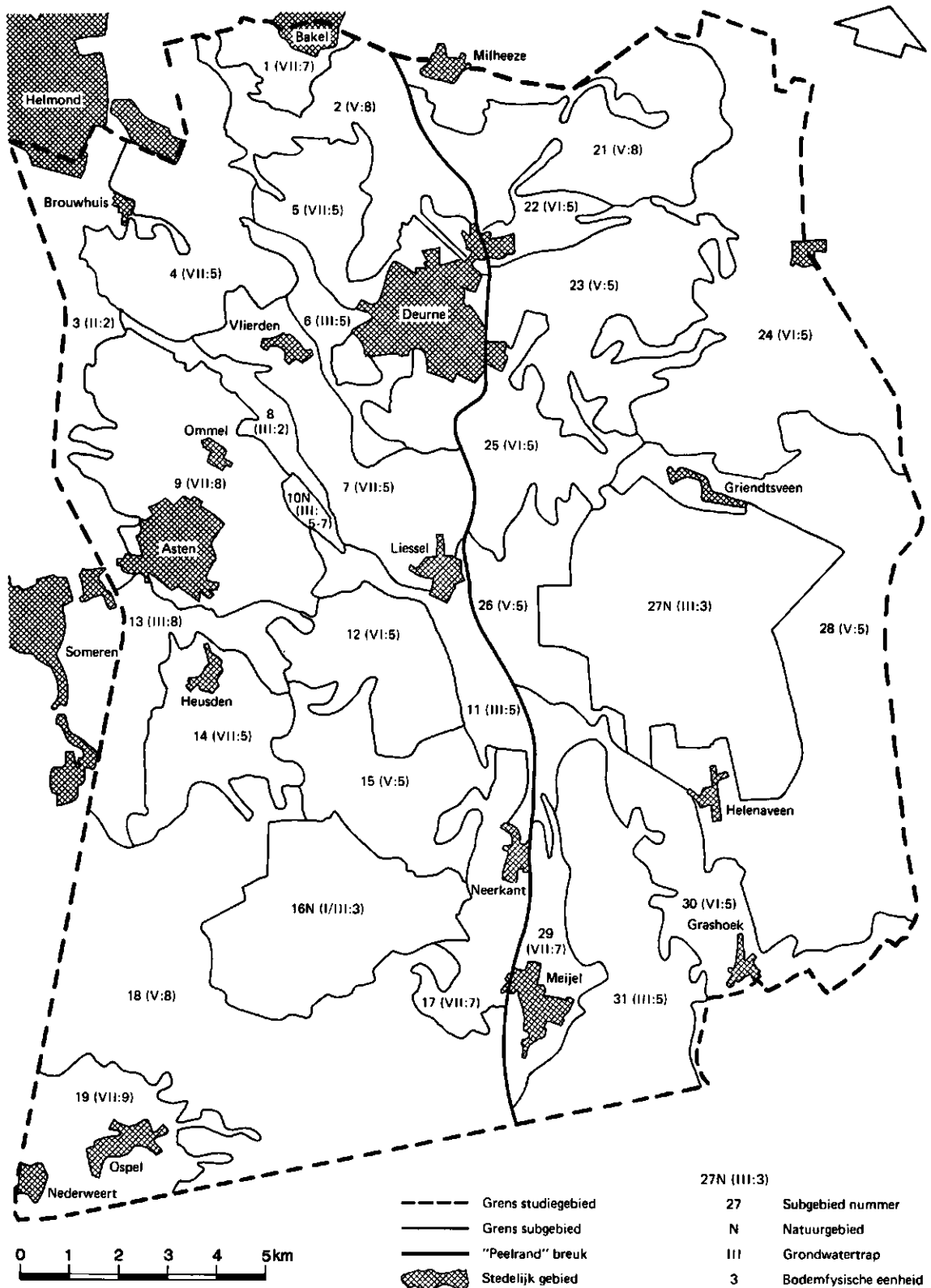


Fig. 1. Subgebiedsindeling van het studiegebied op basis van verschillen in bodemfysische eigenschappen en hydrologische kenmerken.

Tabel 2. De ontwikkeling van het bodemgebruik in het studiegebied in de periode van 1935 tot en met 1985 in procenten van het agrarisch bodemgebruik.

Jaar	grasland %	snijmais %	granen %	tuinbouw %	overig %
1935	32.2	0	51.5	1.6	14.7
1945	27.4	0	44.9	2.7	25.0
1955	34.6	0	47.5	3.9	14.0
1965	45.4	0	36.2	7.9	10.5
1975	59.4	11.8	8.2	6.9	13.7
1982	53.8	22.2	1.5	6.0	14.5
1985	51.4	26.7	1.5	5.6	14.8

Binnen het gebied is het bodemgebruik niet gelijkmatig verdeeld, er is sprake van lokale verschillen. Deze verschillen kunnen voor een deel worden verklaard uit verschillen in de waterhuishouding.

Melkveehouderij en intensieve veehouderij

De melkveehouderij is in het gebied een belangrijke bedrijfstak. Als gevolg van een intensief graslandgebruik en een hoge ruwvoerproductie in de vorm van snijmais is de veebezetting per ha grasland opgevoerd naar gemiddeld 4.09 gve rundvee per ha in 1982. Tabel 3 geeft een overzicht van deze veebezetting. Lokaal komen in deze veebezetting verschillen voor. In het noord-westelijk deel is de gemiddelde veebezetting ca. anderhalf keer zo groot als in het zuidelijk deel. Tot de bedrijfstak van de intensieve veehouderij worden mestkalveren, mestvarkens, fokvarkens, mestkuikens en legkippen gerekend. De omvang daarvan per ha cultuurgrond is gegeven in tabel 3.

Tabel 3. De veebezetting per ha grasland en de omvang van de intensieve veehouderij per ha cultuurgrond in 1982.

	Aantal dieren per ha grasland		Aantal dieren per ha cultuurgrond
Gve rundvee	4.09	mestkalveren	0.69
Melkvee	2.57	mestvarkens	15.49
Jongvee	1.52	fokvarkens	3.49
Paarden	0.11	mestkuikens	94.50
Schapen	0.45	legghennen	137.53

De snelle ontwikkeling van de intensieve veehouderij in het studiegebied is gegeven in tabel 4 waarin de omvang is uitgedrukt per ha cultuurgrond.

Tabel 4. De omvang van de intensieve veehouderij per ha cultuurgrond (aantal dieren per ha) in de periode 1935-1985 volgens de meetellingsgegevens van het CBS.

	1935	1945	1955	1965	1975	1982	1985
Mestkalveren	0.03	0.00	0.01	0.06	0.39	0.69	0.60
Mestvarkens	0.79	0.36	1.22	2.75	8.85	15.49	18.83
Fokvarkens	0.10	0.10	0.41	0.82	2.02	3.49	4.47
Mestkuikens	0.00	0.00	0.00	40.00	129.90	94.50	100.40
Leghennen	31.60	15.90	41.70	45.20	81.80	137.53	195.60

De verschillende takken van de intensieve veehouderij zijn niet gelijkmatig verdeeld over het gebied. In het noord-westelijk deel komen meer varkens en minder leghennen voor dan in het zuiden. De mestkuikens hebben de grootste dichtheid in het zuidelijk deel.

Grondwateronttrekking

In het gebied bevinden zich twee pompstations: Vlierden en Ospel. Vlierden onttrok in 1982 4.500.000 m³ uit het eerste watervoerende pakket; Ospel 3.000.000 m³ uit het tweede watervoerende pakket. Door de industrie is in dat jaar ca. 1.500.000 m³ onttrokken. De hoeveelheid die voor berekening aan het grondwater wordt onttrokken is sterk afhankelijk van het neerslagtekort in het groeiseizoen en kan uiteenlopen van 0 tot 7.500.000 m³ in 1976 op basis van de aanwezige beregeningscapaciteit.

Geohydrologische kenmerken.

Het studiegebied wordt door de Peelrandbreuk opgedeeld in twee tektonische eenheden, namelijk de Horst en de Slenk. Op de Horst bevindt zich een dun watervoerend pakket met een relatief dunne afdekkende laag. De hydrologische basis ligt op de Horst op een diepte van 8 - 35 m beneden maaiveld. In de Slenk kunnen drie belangrijke watervoerende lagen worden onderscheiden met een hoge doorlatendheid. Deze lagen bestaan uit grof zand en zijn soms grindhoudend. Deze lagen worden van elkaar gescheiden door lagen met een hoge weerstand. Zij bestaan uit veen, klei of leemhoudend zand met verschillende dikte. De hydrologische basis ligt in de Slenk op een diepte van 300-350 m beneden maaiveld. In fig. 2 is

een dwarsdoorsnede in oost-westelijke richting gegeven met daarin de belangrijkste geologische formaties en breukvlakken.

Voor deze studie zijn de top laag en het eerste watervoerende pakket het belangrijkste. De top laag in beide gebieden bestaat uit fijn zand; in de Slenk met een dikte van ca 25 m en in de Horst tussen 5 en 10 m (Van Rees Vellinga en Broertjes, 1984). Het watervoerende pakket in de Horst heeft een maximale dikte van ca 20 m en behoort tot de formatie van Veghel. Het 1e watervoerende pakket in de Slenk ligt op een diepte van 25 - 75 m beneden maaiveld; deze behoort tot de formatie van Veghel en Sterksel.

In verband met het belang van organische stof in deze bodemlagen voor de afbraak van nitraat via denitrificatie zijn uit boorstaten en op grond van een aantal analyses in grondmonsters van recente boringen overzichten gemaakt van het gehalte aan organische stof in de verschillende geologische formaties. In tabel 5 is een overzicht gegeven van deze gehalten (Ruiken en Steenvoorden, 1986).

Tabel 5. Het gehalte aan organische stof (% van droge stof) in de verschillende geologische formaties op de Horst en in de Slenk voor resultaten uit boorstaten van 1967 en uit analyses van 1981. Tussen haakjes het aantal onderzochte grondmonsters.

Geologische formatie	Horst		Slenk		Gemiddeld
	1967	1981	1967	1981	
Nuenen	0,3 (139)	0,8 (20)	0,4 (101)	0,7 (23)	0,4
Veghel	0,06 (139)	0,2 (5)	0,08 (76)	0,4 (2)	0,07
Rosmalen	-	-	0,1 (9)	-	0,1
Sterksel	-	-	0,07 (64)	0,2 (3)	0,08
Kedichem	-	-	0,6 (9)	0,3 (1)	0,6
Tegelen	0,2 (11)	1,3 (2)	-	1,5 (2)	0,5
Tertiair (Kiezelooliet)	0,9 (159)	-	-	-	0,9

Per geologische formatie is een gemiddelde waarde berekend voor het organische stofgehalte. De afdekkende laag in de Horst en de Slenk behoort tot de Nuenenformatie met respectievelijk een organische stofgehalte van gemiddeld 0,36 % en 0,46 %. Het 1e watervoerende pakket in de Slenk heeft een organische stofgehalte van gemiddeld 0,08 % en in de Horst van gemiddeld 0,06 %.

4. MODELBESCHRIJVING EN INVOER BEMESTING

4.1. Regionale waterhuishouding (SIMGRO)

In het kader van het ICW project Optimalisering Regionaal Waterbeheer is voor het studiegebied het model FEMSATP ontwikkeld (Querner en Van Bakel, 1984). Hiervoor is het bestaande model FEMSAT uitgebreid met de onverzadigde zone en het oppervlaktewater. In vervolg hierop is de meer algemene versie SIMGRO tot stand gekomen, die in deze studie is toegepast (Querner, 1986).

Het studiegebied wordt geschematiseerd in subgebieden die zoveel mogelijk homogeen zijn met betrekking tot hydrologie en bodemfysische eigenschappen. In elk subgebied kunnen meerdere bodemgebruiksvormen voorkomen. Van elke bodemgebruiksvorm is het percentage per subgebied bekend.

Het model SIMGRO berekent een aantal hydrologische parameters als grondwaterstandsverloop, vochtinhoud van verschillende bodemlagen, afvoer naar ontwateringsmiddelen en waterfluxen van en naar bodemlagen en aangrenzende subgebieden. Deze hydrologische parameters dienen als invoer voor het grondwaterkwaliteitsmodel ANIMO op een wijze die in par. 4.3 wordt beschreven.

Fig. 3 geeft een overzicht van de geschematiseerde waterhuishouding in een subgebied zoals die binnen SIMGRO wordt gehanteerd.

Verzadigde zone.

Voor het beschrijven van de grondwaterbeweging in de verzadigde zone wordt een schematisatie toegepast in watervoerende en weerstandbiedende lagen. In een watervoerende laag treedt horizontale stroming op en in een weerstandbiedende laag alleen verticale stroming. Op deze wijze wordt een quasi drie-dimensionale stroming verkregen. Het beschouwde gebied wordt door een knooppuntennetwerk opgedeeld in een aantal eindige elementen. Elk subgebied wordt voorgesteld door een deelverzameling van knooppunten. Per knooppunt wordt een stijghoogte berekend die geldt voor het invloedsgebied van het knooppunt.

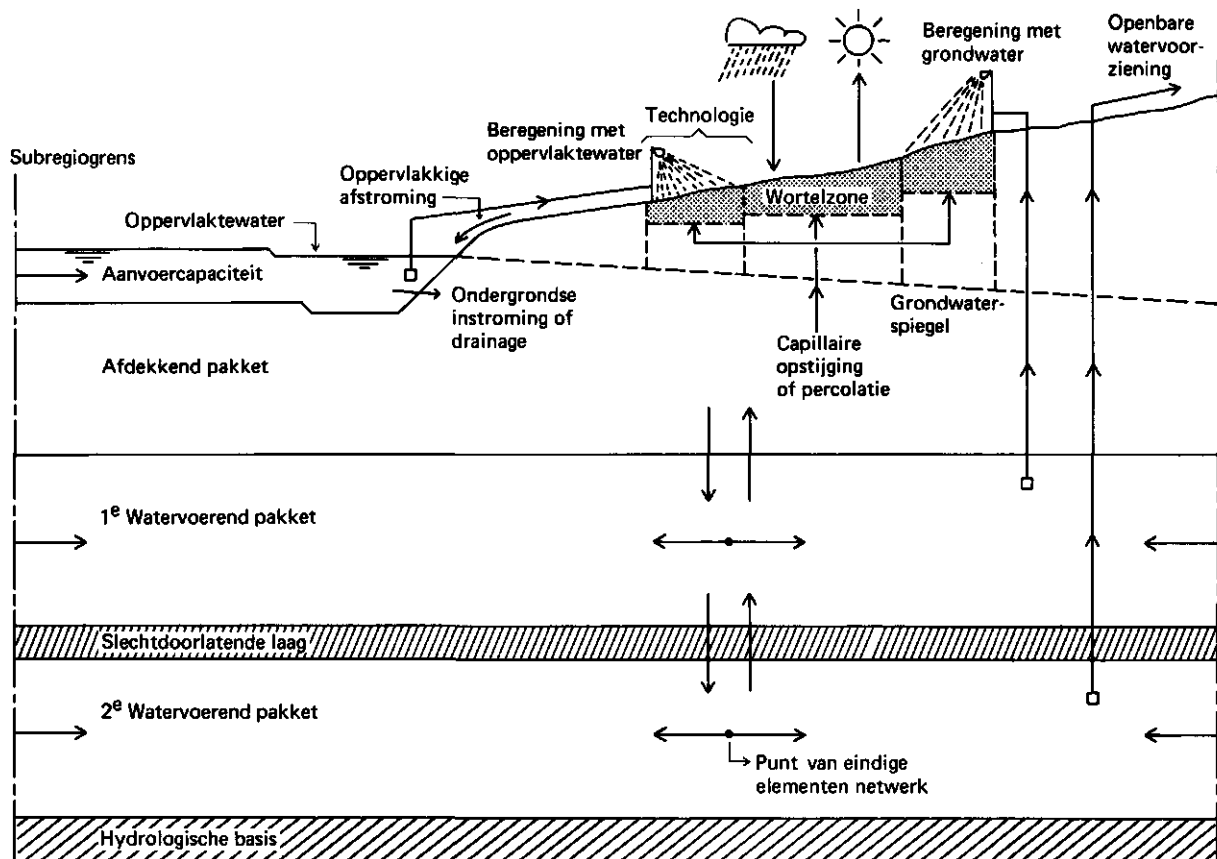


Fig. 3. Schematisch weergave van de waterhuishouding in een subgebied volgens de werkwijze in het hydrologische model SIMGRO. (technologie = een bepaalde bodemgebruiksvorm)

Onverzadigde zone.

Voor de berekening van het vochttransport in de onverzadigde zone worden twee reservoirs beschouwd, een voor de wortelzone en een voor de ondergrond (dit als profiel tussen wortelzone en freatisch vlak). De wortelzone wordt beschouwd met een berging van vocht die bepaald wordt door zijn dikte en de vocht karakteristiek van het bodemmateriaal. Toevoeging aan of onttrekking hieruit zijn neerslag, beregening, evapotranspiratie, capillaire flux en percolatie. Als de vochtvoorraad behorende bij het evenwichtsprofiel wordt overschreden dan zal het overtollige vocht als percolatie naar de ondergrond gaan. Als er minder vocht dan behorende bij het evenwichtsprofiel in de wortelzone aanwezig is, dan kan een capillaire flux optreden. Van de waterbalans van de ondergrond wordt een verandering van de grondwaterstand berekend die afhankelijk is van de bergingscoëfficiënt. Het vochttransport wordt op deze wijze op een pseudo-stationaire wijze benaderd, wat een opeenvolging van stationaire situaties inhoudt.

Oppervlaktewater.

Het oppervlaktewater binnen een subgebied wordt beschouwd als een enkele leiding zonder differentiatie per subgebied. De oppervlaktewateren van de subgebieden zijn onderling niet gekoppeld. Er wordt rekening gehouden met aan- of afvoer van water, drainage of infiltratie, oppervlakkige afstroming en onttrekking voor beregening. Een stuwpeil voor de winter- en zomerperiode moet worden opgegeven. Afhankelijk van de grondwaterstand wordt in de zomer het peil opgezet vanuit de winterstand naar de zomerstand. Bij een afvoersituatie zal de waterstand boven het stuwpeil uitkomen afhankelijk van de afvoerrelatie (stuwkromme). In een droge periode met infiltratie en onttrekking voor beregening kan het water onder het stuwpeil zakken als de aanvoer niet voldoende is om het streefpeil te handhaven. Dan wordt rekening gehouden met de bergingscapaciteit van het systeem.

Verificatie

Een verificatie van de uitkomsten van berekeningen in het studiegebied is uitgevoerd door gemeten grondwaterstanden in de tijd te vergelijken met berekende waarden (Querner en Van Bakel, 1984). Hieruit is gebleken dat de verschillen tussen gemeten en berekend voor de Slenk klein zijn (0.1-0.2 m) en voor de Horst iets groter (0.2-0.5 m). Het berekende isohypsenpatroon voor augustus 1982 is vergeleken met het patroon samengesteld op basis van gemeten grondwaterstanden. De berekende waarden vertonen een meer gelijkmatig patroon, omdat de gemeten waarden beïnvloed worden door lokale omstandigheden, zoals tot uiting komt in de buurt van de breuk.

4.2. Nitraatuitspoeling (ANIMO)

Het model ANIMO is ontwikkeld voor een kwantitatieve analyse van de organische stof- en de stikstofhuishouding van de grond. Hiervoor beschrijft het model kwantitatief de processen, die zowel in de stikstofcyclus als in de koolstofcyclus een rol spelen. Hierbij zijn de volgende processen van groot belang:

- mineralisatie en immobilisatie van stikstof als gevolg van processen in de koolstofcyclus;
- denitrificatie als gevolg van (partiele) anaerobie en aanwezigheid van biologisch afbreekbare organische stof;
- opname van stikstof door het gewas;

- transport van stikstofverbindingen in het bodemsysteem onder invloed van neerslag, verdamping, afvoer naar verschillende ontwateringssystemen, kwel en wegzijging.

Het model kan zowel op perceelsniveau als op regionaal niveau worden toegepast.

Stikstofbalans

Indien de wortelzone wordt beschouwd als de bovenste laag van het bodemsysteem waar effecten van landbouwkundige activiteiten zich concentreren, dan kan de stikstofbalans voor deze laag worden opgesteld, zoals schematisch is weergegeven in fig. 4.

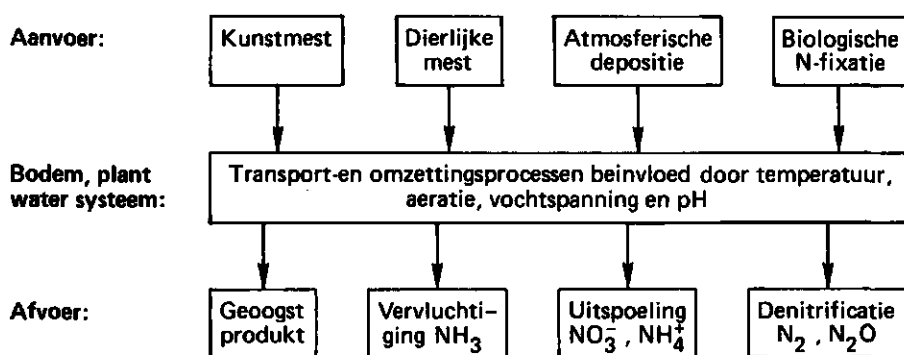


Fig. 4. Schematische weergave van de stikstofbalans van het bodem, plant watersysteem

Aanvoer van stikstofverbindingen kan afkomstig zijn van kunstmest, dierlijke mest, atmosferische depositie en biologische N-fixatie. In het bodem-water-plant systeem kunnen de verschillende stikstofvormen in elkaar worden omgezet en kan transport naar diepere lagen plaatsvinden. De omzettingsprocessen in de bodem worden beïnvloed door milieufactoren als temperatuur, aeratie, vochtspanning en pH. Met name de eerste drie factoren worden dominant bepaald door de fysische eigenschappen van de grond en de aanwezige hydrologische situatie. Stikstof kan de wortelzone verlaten, door afvoer via het geogst produkt, vervluchtiging van ammoniak, uitspoeling naar diepere lagen (NO_3^- , NH_4^+ , opgelost organisch N) en denitrificatie (N_2 , N_2O). De van belang zijnde processen worden hier kwalitatief beschreven, maar ze zijn in het model ANIMO, kwantitatief geformuleerd in een stelsel van wiskundige vergelijkingen.

Gemakshalve worden oogstresten, afgestorven wortelmassa en dierlijke mest aan de toplaag van de bodem toegevoegd als 'vers' organisch materiaal. Dit materiaal wordt door de biomassa in de bodem afgebroken en gedeeltelijk omgezet in humeus bodemmateriaal.

De verschillende organische materialen in de bodem bevatten zowel stikstof als koolstof, zodat omzettingsprocessen in de koolstofcyclus corresponderen met omzettingen in de stikstofcyclus. Het humeuze materiaal dat bij afbraak van vers organisch materiaal wordt gevormd heeft doorgaans een belangrijk hoger N-gehalte, dan het verse organische materiaal waaruit het wordt gevormd. Immobilisatie van anorganische stikstof treedt op indien meer stikstof bij de humusvorming wordt vastgelegd, dan er uit het afgebroken verse materiaal vrij komt. Stikstof-mineralisatie in de vorm van NH_4^+ treedt op als het omgekeerde het geval is.

Het NH_4^+ ion met zijn positieve lading wordt aan het bodemcomplex geadsorbeerd, waarbij er een relatie bestaat tussen de hoeveelheid ammonium in oplossing en de hoeveelheid aan het bodem-adsorptiecomplex. Het ammonium-ion kan op drie manieren uit het systeem verdwijnen, namelijk door vervluchtiging als NH_3 naar de atmosfeer, door opname via plantenwortels en door oxidatie tot nitraat. Het nitrificatie-proces verloopt onder aerobe omstandigheden doorgaans veel sneller dan het vrijkomen van ammonium door afbraak van organisch materiaal, zodat onder aerobe omstandigheden de ammonium-concentratie in de bodem doorgaans laag is. Onder anaerobe omstandigheden kan bij aanwezigheid van biologisch afbreekbaar organisch materiaal het nitraat-ion fungeren als zuurstofdonor, waarbij nitraat wordt gereduceerd tot N_2 en N_2O . Het al dan niet optreden van deze denitrificatie in de bodem wordt bepaald door de processnelheden en de waterhuishoudkundige omstandigheden in het bodemsysteem.

Opname van NH_4^+ en NO_3^- door de plantenwortels geschiedt door convectief transport (verdamping) en door diffusie. Hoewel de plant een voorkeur heeft om stikstof op te nemen in de vorm van NH_4^+ heeft de lage ammoniumconcentratie in het bodemvocht tot gevolg dat de grootste opname plaats vindt als NO_3^- .

De biologische omzettingsprocessen worden beïnvloed door de milieufactoren temperatuur, vochtspanning, bodemaeratie en pH. De belangrijkste temperatuur-effecten komen tot uiting in de afbraaksnelheid

van de organische stof. De andere processen zijn hieraan gekoppeld, waarbij de mineralisatie van organische stof de sturende component is. Vochtspanning en bodemaeratie zijn in het bodemsysteem onderling gekoppeld. Over het algemeen zal bij een hoge vochtspanning de bodemaeratie niet beperkend zijn, maar wordt de biologische activiteit mogelijk geremd door een vochttekort. Bij een lage vochtspanning is de bodemaeratie onvoldoende en wordt de biologische activiteit gestuurd door het zuurstof-aanbod en de aanwezigheid van nitraat. Wijzigingen in de waterhuishouding als gevolg van grondwateronttrekking en/of veranderde ontwatering, hebben via de grondwaterstandsverlaging een direct effect op vochtspanning en bodemaeratie, en daardoor op de omzettingssnelheden bij de verschillende processen. Hoewel de relatie tussen processnelheid en pH een breed optimum heeft, wordt vooral bij een lage pH (zure gronden) de processnelheid gereduceerd. De invloed van deze verschillende milieufactoren op de omzettingsprocessen zijn in het model ANIMO gekwantificeerd.

Transportprocessen.

In het model wordt het transport van de verschillende opgeloste stoffen via een een-dimensionaal systeem in beschouwing genomen. De bodem wordt hierbij in een aantal horizontale lagen verdeeld, waarbij via horizontale uitstroming verdamping en afvoer naar ontwateringsmiddelen wordt gesimuleerd, terwijl tevens verticaal transport van laag naar laag optreedt. Op deze manier kan ook kwel vanuit of wegzijging naar een watervoerend pakket eenvoudig in beschouwing worden genomen. Per laag wordt per tijdstap een volledige water- en stoffenbalans en de daarbij optredende omzettingsprocessen berekend. Bij de berekeningen wordt aangenomen dat in elke laag volledige menging optreedt.

Verificatie.

Het model ANIMO is uitgebreid getoetst op perceelsniveau met behulp van meetgegevens afkomstig van bemestingsproefvelden voor grasland in Ruurlo en voor mais in Cranendonck. Deze toetsing heeft met name betrekking op de volgende aspecten van de stikstofkringloop:

- opname van stikstof door het gewas
- minerale stikstof in de bodemoplossing ($\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$)
- totale hoeveelheid stikstof in de bodem als som van N-mineraal, N gebonden in organische vorm en N gecomplexeed aan bodemdeeltjes.
- uitspoeling uit de wortelzone naar het grondwater.

Een overzicht van deze toetsing is gegeven in KROES (1987). Als voorbeeld van een toets zijn in fig. 7 meetresultaten en rekenuitkomsten gegeven onder een maisperceel waar gedurende 9 jaar een bemesting heeft plaatsgevonden van 250 ton rundveedrijfmest per ha per jaar.

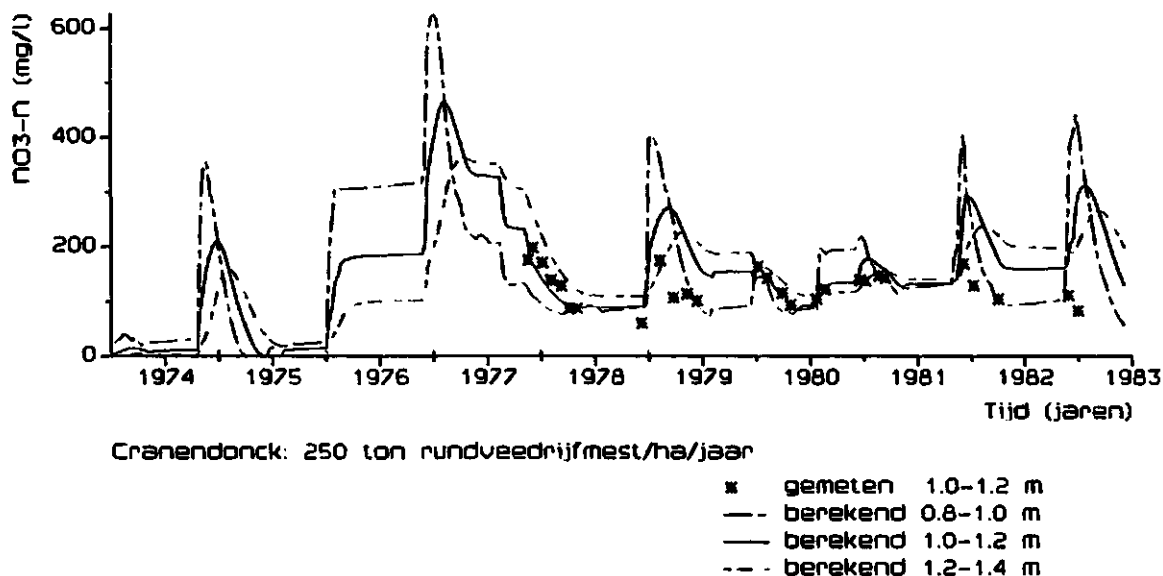


Fig. 7. Berekende en gemeten NO₃-N concentraties op een diepte van ca. 1 m-mv van een maisproefveld in Cranendonck waarop gedurende 9 jaar een rundveedrijfmestgift van 250 t.ha⁻¹ is gegeven.

4.3. Koppeling tussen waterhuishouding en nitraatuitspoeling

De stroming van het grondwater is in het model SIMGRO geschematiseerd op een wijze die in fig. 3 is gegeven. Vanwege de laagsgewijze opbouw van het model ANIMO wordt in de hydrologische schematisering onderscheid gemaakt tussen een lokale en een regionale grondwaterstroming. De lokale stroming is de hoeveelheid water die binnen een subgebied naar greppels, sloten en voor zover aanwezig naar kanalen wordt afgevoerd. De regionale stroming betreft de hoeveelheid water die over de subgebiedsgrenzen stroomt, hiervoor wordt in het model per subgebied het gemiddelde genomen van de som van de ingaande en uitgaande stromingshoeveelheden. De stroombaan van de afvoer naar een greppel bevindt zich dicht aan de oppervlakte, terwijl de stroombanen naar sloten en kanalen tot in het watervoerende pakket reiken.

De scheiding tussen lokale en regionale stroming in ANIMO is gelegd op een denkbeeldig grensvlak in het eerste watervoerende pakket (fig. 8),

omdat een deel van de lokale stroming tot in dat watervoerende pakket reikt. Hoe groot dit deel is wordt per subgebied bepaald door de heersende hydrologische omstandigheden als stromingsweerstand van het afdekkende pakket, kwel- of infiltratiegebied, e.a..

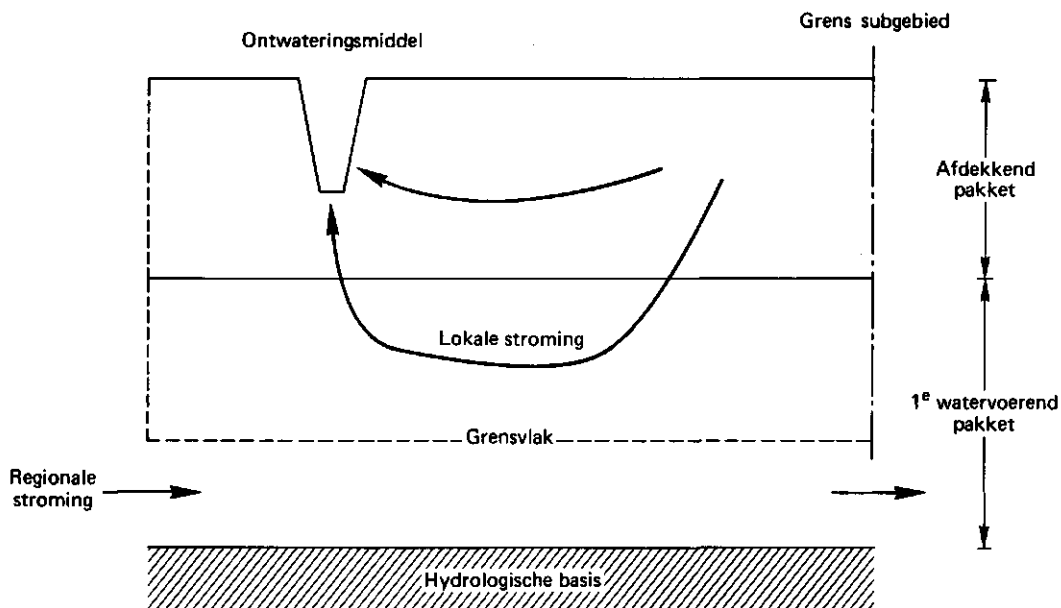


Fig. 8. Lokale en regionale stroming volgens de in het model ANIMO toegepaste schematisering.

Verondersteld is dat de positie van het grensvlak wordt bepaald door de verhouding tussen de lokale grondwaterstroming via het watervoerende pakket en de regionale stroming. Deze positie is vooraf met behulp van SIMGRO-berekeningen bepaald (KROES, 1987).

Het model SIMGRO berekent een aantal hydrologische parameters welke als invoer dienen voor het grondwaterkwaliteitsmodel ANIMO.

In beide modellen is gekozen voor een tijdstap van 7 dagen.

Per tijdstap zijn door SIMGRO de volgende hydrologische parameters uitgevoerd:

- beregeningshoeveelheden
- actuele verdamping
- grondwaterstand
- vochtinhoud wortelzone
- wegzijging vanuit afdeklag naar eerste watervoerende pakket
- waterafvoeren naar een drietal ontwateringsmiddelen.

Daarnaast berekent SIMGRO per jaar:

- fluxen van/naar het tweede watervoerende pakket
- fluxen van/naar aangrenzende subgebieden.

In het model ANIMO is de ondergrond per subgebied ingedeeld in een aantal lagen tot en met het eerste watervoerende pakket. De bovenste lagen met de belangrijkste veranderingen in de stikstofhuishouding zijn dun, daaronder zijn ze dikker. Bij deze indeling zijn verder de volgende criteria aangehouden:

- lagen 1 t/m 7 voor de wortelzones (verschillend per bodemgebruik).
- onderkant van laag 7 op 1 m-mv.
- onderkant van laag 11 vormt de onderkant van het afdekkend pakket.
- lagen 12 en 13 in het eerste watervoerende pakket (lokale stroming).
- laag 14 in het eerste watervoerende pakket (regionale stroming).

In het model ANIMO wordt de met SIMGRO berekende lokale afvoer naar de ontwateringsmiddelen als laterale fluxen in de betreffende bodemlagen ingevoerd. In fig. 9 is de wijze waarop dit gebeurt weergegeven; tevens zijn in deze figuur de overige relevante fluxen gegeven.

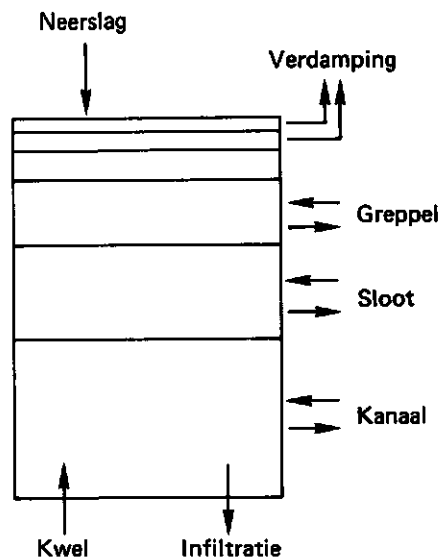


Fig. 9. Schematisch overzicht van de fluxen die vanuit de laagsgewijze opbouw van de ondergrond in het model ANIMO zijn onderkend (niet alle lagen aangegeven).

4.4. Bemestingsscenario's

Van het studiegebied zijn in relatie tot de bemesting twee afzonderlijke aspecten per subgebied bekend. Dit zijn het bodemgebruik en de geproduceerde hoeveelheid mest door rundvee en intensieve veehouderij. Uit de meetingsgegevens van 1982 blijkt dat in dat jaar de geproduceerde hoeveelheid mest groter is dan de behoefte op basis van een optimale bemesting per bodemgebruiksvorm. Op grond van de praktijk wordt verondersteld dat het mestoverschot op mais is verwerkt.

Voor een evenwichtige verdeling van de geproduceerde mest in de modelberekeningen is gebruik gemaakt van een methode die is ontwikkeld in het project Optimalisering Regionaal Waterbeheer. Hierbij wordt gebruik gemaakt van lineaire optimaliseringstechnieken. Met deze methode wordt er naar gestreefd de organische mest zodanig te verdelen dat rekening wordt gehouden met N-behoefte, max. toelaatbare P-dosering, evenwicht tussen produktie van mest en toediening, zonder een voorkeur van een bepaalde mestsoort voor een bepaald gewas (Van Walsum, 1987). Een uitzondering is gemaakt voor natte kippemest die niet op grasland mag worden uitgereden omdat rundvee deze mestsoort niet verdraagt. Hierbij zijn ten aanzien van stikstofbehoefte voor het gewas, samenstelling en werkingscoëfficiënten van stikstof in dierlijke mest de volgende uitgangspunten gehanteerd.

In deze studie is als uitgangspunt voor de bemestingshoeveelheden, in een situatie zonder beperking, gekozen voor de in tabel 6 vermelde gegevens per bodemgebruiksvorm. Deze hoeveelheden zijn uitgedrukt in een minerale stikstofbehoefte van het gewas en een minimale kunstmest-N-dosering.

Tabel 6. De in het rekenschema ingevoerde minerale stikstofbehoefte voor hoge produktieniveau's en de minimale kunstmest-N dosering (in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ N)

Bodemgebruiksvorm	N-behoefte	Minimale kunstmest-N
Gras (4 gve/ha)	600	360
Gras (2 gve/ha)	240	145
Mais (optimum)	250	50
Mais (overdosering)	850	50
Graan	66	52
Hakvruchten	162	66

In dierlijke mest is de stikstof voor een belangrijk deel aanwezig in organische vorm. Deze organische stikstof komt in de loop van de jaren langzaam vrij voor het gewas. De hoeveelheden die op langere termijn vrij komen zijn gebaseerd op werkingscoëfficiënten van de verschillende soorten mest volgens gegevens van de commissie Bemestingsnormen (Lammers 1983,1984). Deze werkingscoëfficiënten zijn in tabel 7 vermeld.

Tabel 7. Lange termijn werkingscoëfficiënten van stikstof in verschillende dierlijke mestsoorten bij toediening in najaar en voorjaar (Lammers 1983,1984) (in kg minerale N per kg N uit dierlijke mest). Onderscheid is gemaakt in grasland en overig bodemgebruik.

Mestsoort	Najaar	Voorjaar
Grasland		
rundveedrijfmest	0.55	0.82
kalverdrijfmest	0.28	0.41
varkensdrijfmest	0.55	0.82
kippedrijfmest	0.39	0.76
droge kippemest	0.58	0.83
Overig bodemgebruik		
rundveedrijfmest	0.38	0.75
kalverdrijfmest	0.19	0.38
varkensdrijfmest	0.38	0.77
kippedrijfmest	0.28	0.78
droge kippemest	0.41	0.77

De mestsoorten die in het gebied door de intensieve veehouderij worden geproduceerd zijn gegeven in tabel 8; deze gegevens corresponderen met de cijfers in tabel 7 voorzover het de beschikbaarheid van stikstof voor het gewas betreft.

Tabel 8. Mestsoorten die door de intensieve veehouderij worden geproduceerd

Vormen van intensieve veehouderij	Mestsoort
Mestkalveren	kalverdrijfmest
Fokvarkens	varkensdrijfmest
Mestvarkens	varkensdrijfmest
Leghennen	kippedrijfmest
Mestkippen	droge kippemest

In het optimaliseringsprogramma voor het berekenen van de mestdosering zijn 9 bodemgebruiksvormen onderscheiden, deze zijn gegeven in tabel 9. In deze tabel is verder aangegeven welke gebruiksvormen zijn gegroepeerd tot drie categorieën.

Tabel 9. Overzicht van de onderscheiden bodemgebruiksvormen en groepering tot drie categorieën

Bodemgebruiksvorm	Categorie
Glastuinbouw	bouwland
Meerjarige teelten	"
Vollegrondstuinbouw	"
Akkerbouwmatige tuinbouw	"
Aardappelen en bieten	"
Granen	"
Mais	mais
Grasland met melkvee	grasland
Grasland met opfokvee	grasland

Deze aggregatie tot drie categorieën is gedaan omdat voor deze studie de stikstofhuishouding in ANIMO alleen wordt berekend voor bouwland, mais en gras. Bouwland moet in dit verband worden gezien als een vorm van grondgebruik met een gewasrotatie die over lange perioden als een constante kan worden gezien. Het bemestingsniveau voor deze drie categorieën wordt berekend door een gewogen gemiddelde (met de oppervlakte als gewichtsfactor) te berekenen over de in tabel 9 onderscheiden gebruiksvormen.

Wat betreft de stikstofvoorziening wordt verondersteld dat deze voor alle bodemgebruiksvormen behalve mais en grasland met melkvee altijd optimaal is, d.w.z. niet beperkend voor de gewasgroei. Bij mais wordt onderscheid gemaakt tussen een optimaal niveau van stikstoftoediening van 250 kg/ha/jaar en een hoog niveau van 850 kg/ha/jaar. (Deze hoeveelheden hebben betrekking op efficiënte stikstof; stikstof die dus opneembaar is door een gewas). Het hoge niveau moet worden gezien als een ingevoerde maximale overdosering. Zolang er geen beperking op het mestgebruik ligt gaat het geproduceerde overschot naar de maisgronden. Dit betekent dat de uiteindelijke gift op mais afhankelijk is van het mestoverschot in het betreffende subgebied (vergelijk tabel 12).

Wat betreft grasland met melkvee wordt onderscheid gemaakt tussen twee niveau's die zijn gekoppeld aan een veebezetting van resp. 2 gve/ha en 4 gve/ha. Ten aanzien van de huidige toestand wordt verondersteld dat de veebezetting overal 4 gve/ha is. De optie 2 gve/ha speelt pas een rol bij de aanmaak van scenario's met een dusdanig strenge fosfaatnorm dat bij een veebezetting van 4 gve/ha teveel mest wordt geproduceerd om aan die normen te kunnen voldoen.

Zoals reeds is gesteld, wordt bij de aanmaak van stikstofbemestingsscenario's alleen bij mais en grasland met melkvee afgeweken van de situatie in de huidige toestand. Daarbij wordt er steeds voor gezorgd dat de som van de oppervlakten van mais en grasland niet verandert. Dit wordt voor mais bereikt door het laten afnemen van de oppervlakte met een hoog stikstofniveau, ten gunste van de maisoppervlakte met een optimaal stikstofniveau. Voor gras wordt een analoge beperking in acht genomen.

Bij de bemesting wordt onderscheid gemaakt tussen twee tijdstippen van toediening, namelijk in het najaar en in het voorjaar. Voor de scenario's zonder uitrijverbod worden de voorjaarstoedieningen gelijkgesteld aan de najaarstoedieningen. Rundveemest is hiervan uitgezonderd omdat tijdens het weideseizoen langs de natuurlijke weg mest op het land terecht komt. Indien een uitrijverbod wordt opgelegd vervalt het uitrijden in het najaar en wordt alleen in het voorjaar mest toegediend.

De voornoemde wijze van berekenen van bemestingsscenario's is zowel voor de huidige situatie zonder beperkingen als voor de situatie met beperkingen toegepast. De beperkingen zijn gebaseerd op maximaal toelaatbare fosfaatdoseringen (vergelijk tabel 1). Bij de verdeling van de mestgiften is in dat geval rekening gehouden met de fosfaatgehalten van de verschillende mestsoorten. De fosfaatgehalten die zijn toegepast zijn gegeven in tabel 10. Vanwege de lange termijn berekeningen is bij de fosfaatdosering uit organische mest uitgegaan van een werkingscoëfficiënt voor fosfaat van 1.0.

Tabel 10. De in de berekeningen ingevoerde fosfaatgehalten van dierlijke mest (kg P₂O₅/kg mest).

Mestsoort	Fosfaatgehalte
Rundveedrijfmest	0.0018
Kalverdrijfmest	0.0009
Varkensdrijfmest	0.0047
Kippedrijfmest	0.0080
Droge kippemest	0.0250

Wanneer bij de aanmaak van een scenario een fosfaatnorm wordt opgelegd, dan is het mogelijk dat de hoeveelheid mest die in een subgebied wordt geproduceerd groter is dan de hoeveelheid die op het land kan worden uitgereden. Om te voorkomen dat in de verdere rekenprocedure steeds de meststoffen met het ongunstigste fosfaatgehalte worden afgestoten (en daarmee de desbetreffende tak van de intensieve veehouderij), worden in het optimaliseringsprogramma alle soorten intensieve veehouderij met een (per subgebied constante) reductiefactor gekort.

Atmosferische depositie

Atmosferische depositie van stikstofverbindingen verhoogt het risico van nitraatinspoeling bij bossen. De depositie bestaat uit stikstofdioxiden en ammoniumverbindingen (HOEKS, 1983). De depositie van stikstofdioxiden is voornamelijk afkomstig is van industrie en verkeer. De depositie van ammoniumverbindingen is in hoofdzaak afkomstig van bronnen buiten de landbouw (10%), vervluchtiging in stallen (36%) en vervluchtiging tijdens het toedienen en het verblijf van de mest op het landoppervlak (54%) (BUIJSMAN e.a., 1984). In de modelberekeningen met ANIMO is voor alle doorgerekende scenario's de atmosferische depositie gesplitst in een droge depositie van 20 kg N.ha⁻¹.j⁻¹ en een natte depositie. De laatste is afhankelijk gemaakt van de neerslag met een vaste concentratie van 2.05 mg N.l⁻¹. Per jaar blijkt deze natte depositie uit te komen op 15 kg N.ha⁻¹.

5. RESULTATEN

De scenario's die zijn doorgerekend bestaan uit een aantal combinaties van bemesting en onttrekking van grondwater (voor de uitgangspunten: zie hoofdstuk 2). Het zijn:

Scenario A: Voortzetting van de huidige bemesting tot 2013 resp. 2043 met grondwateronttrekkingen volgens het niveau van 1982.

Scenario B: Bemesting met vanaf 1982 een verlaging in fasen tot 2013 resp. 2043 met grondwateronttrekkingen volgen het niveau van 1982.

Scenario C: Bemesting als in scenario B tot 2013 maar met uitbreiding van de huidige grondwateronttrekkingen.

Scenario D: Bemesting en onttrekking van grondwater als in scenario C tot 2013, maar vanaf 1987 in de beschermingszones van waterwingebieden de gestelde eindnorm.

Scenario E: Bemesting en hydrologie gelijk aan A tot 2013, maar vanaf 1987 een uitrijverbod in het najaar.

De scenario's A en B zijn over een periode van 60 jaar (1983-2043) berekend om na te gaan of en wanneer er evenwicht ontstaat tussen bemesting en nitraat-uitspoeling naar diepere lagen. De scenario's C, D en E zijn over een periode van 30 jaar berekend.

Met deze scenario's is het mogelijk de invloed van verschillende ingrepen in bemesting en grondwateronttrekking op de nitraatuitspoeling te vergelijken. Zo worden in de paragrafen 5.4 t/m 5.7 resultaten gepresenteerd van de volgende invloeden:

Paragraaf	Vergelijking van	Doel van de vergelijking
5.4	Scen. B - scen. A	het effect van een gefaseerde invoer van beperkingen in de bemesting (gefaseerde P-norm) op de nitraatuitspoeling
5.5	Scen. C - scen. B	Het effect op de nitraatuitspoeling van vergroting van de grondwateronttrekking
5.6	Scen. D - scen. C	Het effect op de nitraatuitspoeling in een waterwingebied indien binnen dat wingebied direct de eindnorm ingaat
5.7	Scen. E - scen. A	Het effect van alleen een uitrijverbod op de nitraatuitspoeling.

5.1. Algemeen

De uiteindelijk in de berekeningen met SIMGRO en ANIMO ingevoerde bodemgebruiksvormen en de oppervlakten daarvan per subgebied zijn resp. in de tabellen 11 en 12 gegeven.

De verschillende berekeningen met het model ANIMO leveren een grote hoeveelheid uitkomsten op zoals: nitraat-N concentraties die verschillen per laag, per bodemgebruiksvorm, per subgebied en per jaar. Deze hoeveelheid gegevens is verwerkt met een apart data-verwerkingssysteem: het 'Comparative Display System' (Van Walsum, 1986). Hiermee is het mogelijk de berekeningsresultaten van scenario's in figuren te vergelijken. In dit verband is de gebiedsindeling van fig. 1 geschematiseerd op een wijze gegeven in fig. 10.

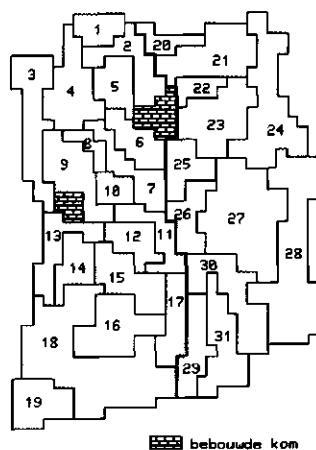


Fig. 10. Geschematiseerd gebiedsoverzicht met subgebiedsnummers. De subgebieden 1 tot en met 19 liggen in de Slenk, 20 tot en met 31 in de Horst. De subgebieden 10, 16 en 27 zijn natuurgebieden.

Deze schematisering heeft alleen betrekking op de presentatie van de resultaten en verandert niets aan de gegevens zelf. Het systeem is gebruikt om de initiele toestand te verifiëren en om de uitkomsten van scenario's te bekijken en met elkaar te vergelijken. Op een apart doorzichtig vel (bijlage 6) is dezelfde schematisering weergegeven voor twee scenario's; dit vel kan worden gebruikt als 'overlay' bij het beoordelen van de resultaten van scenario's.

Tabel 11. De in de berekeningen ingevoerde bodemgebruiksvormen.
Het areaal waarop wordt berekend is gebaseerd op de
beregeningscapaciteit.

Bodemgebruik nr	Omschrijving
1	bouwland onberegend
2	mais onberegend
3	grasland onberegend
4	bouwland beregend (25 mm per 7 dagen)
5	mais beregend (25 mm per 7 dagen)
6	grasland beregend (25 mm per 7 dagen)
7	bos
8	natuurterrein
9	stedelijke bebouwing

Tabel 12. De oppervlakten van de onderscheiden bodemgebruiksvormen per
subgebied, uitgedrukt in procenten van het subgebiedsoppervlak.

subgebied nr	bodemgebruik nr									totaal oppervlak (ha)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	11.7	41.7	15.0	4.8	1.9	9.9	0.0	0.0	15.0	256
2	2.2	14.9	54.6	5.1	1.5	20.7	1.0	0.0	0.0	1038
3	3.3	15.2	44.4	1.6	0.5	7.0	1.0	0.0	27.0	967
4	1.2	16.7	15.5	1.4	0.2	3.0	57.0	0.0	5.0	1262
5	3.9	11.6	8.7	3.0	1.0	2.8	23.0	0.0	46.0	1628
6	3.9	27.9	30.1	0.0	0.3	31.8	3.0	0.0	3.0	350
7	2.9	27.5	8.3	2.0	1.6	14.7	34.0	0.0	9.0	1158
8	0.0	11.7	42.2	0.3	0.9	35.9	9.0	0.0	0.0	351
9	5.3	28.6	19.3	1.3	2.7	4.8	19.0	0.0	19.0	1638
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	97
11	4.6	20.3	34.1	4.8	1.5	19.7	4.0	0.0	11.0	486
12	3.4	13.1	28.6	3.6	0.4	12.9	38.0	0.0	0.0	806
13	5.1	14.8	55.8	9.7	0.3	11.3	3.0	0.0	0.0	924
14	3.8	31.2	26.6	6.3	3.3	14.8	12.0	0.0	2.0	701
15	1.4	13.6	63.2	0.6	0.4	17.8	3.0	0.0	0.0	1002
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	90.0	0.0	1379
17	10.4	22.9	26.8	1.5	0.2	3.2	24.0	0.0	11.0	784
18	9.7	21.3	63.9	1.8	0.3	2.0	0.0	0.0	1.0	3926
19	21.7	34.9	25.6	1.5	0.0	0.3	2.0	0.0	14.0	999
20	3.7	22.4	9.7	10.1	2.7	17.4	0.0	20.0	14.0	518
21	5.1	16.1	38.6	6.7	0.6	20.9	2.0	10.0	0.0	1080
22	4.5	25.1	18.6	2.0	0.4	9.4	24.0	0.0	16.0	213
23	9.0	19.8	44.0	4.2	1.2	15.8	6.0	0.0	0.0	1365
24	7.1	12.5	8.7	22.1	2.1	31.5	10.0	5.0	1.0	2587
25	6.6	34.3	20.2	3.9	0.8	28.2	5.0	0.0	1.0	746
26	3.4	17.0	42.9	1.5	2.9	27.3	5.0	0.0	0.0	625
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	49.0	1.0	2534
28	12.5	15.8	30.9	10.4	1.2	19.2	5.0	5.0	0.0	2866
29	16.6	17.0	8.7	4.1	0.4	6.2	0.0	8.0	39.0	586
30	13.7	26.2	24.5	7.1	0.4	6.1	19.0	0.0	3.0	1351
31	14.1	18.0	36.8	3.2	0.3	4.6	23.0	0.0	0.0	1485

5.2. Initialisatie

De indeling in subgebieden is tot stand gekomen op basis van hydrologische kenmerken en op basis van verschillen in bodemsamenstelling. Dit betekent dat de bodemgebruiksvormen van tabel 11 voor kunnen komen op verschillende soorten gronden en bij verschillende grondwaterstanden. Het gevolg is dat de mogelijke uitspoeling van nitraat per bodemgebruiksvorm voor de subgebieden verschillend kan zijn. Voor deze uitspoeling naar diepere bodemlagen is met name de verdeling van organische stof en die van in de bodemoplossing aanwezige minerale stikstof van belang. Deze verdeling wordt mede bepaald door de wijze waarop de gronden in het verleden zijn gebruikt.

Voor een goede startsituatie met betrekking tot de samenstelling van de bodem per subgebied is de voorgeschiedenis over de periode 1953-1983 afzonderlijk gesimuleerd. In dit verband zijn eerst startwaarden voor de bodemsamenstelling in 1953 bepaald. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- a. Voor de verdeling van minerale stikstof in de eerste meter van het profiel zijn meetgegevens gebruikt van een aan het studiegebied grenzend proefveld (Cranendonck/Maarheeze); voor de lagen beneden de eerste meter is aangenomen dat daarin geen minerale stikstof aanwezig is.
- b. De initiele verdeling van de organische stof in de eerste meter van het profiel in 1953 is gebaseerd op een evenwichtssituatie, waarbij de afbraaksnelheid van organische stof gelijk is aan de aanvoersnelheid van vers organisch materiaal. De aanvoer van vers organisch materiaal bestaat uit dierlijke mest, stoppel- en oogstresten en afgestorven wortels bij de intensiteit van bedrijfsvoering in 1953.

In de resterende lagen van de afdeklaag (formatie van Nuenen) zijn de volgende waarden gebruikt: 0.46% organische stof in de Slenk en 0.36% in de Horst. Voor het eerste watervoerende pakket (formaties van Veghel/Sterksel) zijn gebruikt: 0.08% organische stof in de Slenk en 0.06% in de Horst. Bovengenoemde organische stof-percentages zijn gebaseerd op de in tabel 5 samengevatte veldmetingen.

Van deze organische stof zijn in verband met denitrificatie twee aspecten van belang: afbraaksnelheid en verdeling over het profiel. Van de organische stof op grotere diepte wordt verondersteld dat deze erg stabiel is en zeer langzaam afbreekt. Er zijn weinig gegevens

bekend over de afbraaksnelheid. Uit gegevens van Jenkinson and Rayner (1977) en op basis van een toets van de uitkomsten daarmee aan veldgegevens (vergelijk fig. 7) is voor dit onderzoek een k-waarde $0,00141 \cdot \text{j}^{-1}$ afgeleid. Dit is vergelijkbaar met een halfwaardetijd van ca 500 jaar.

Vanwege de contacttijd tussen nitraat en organische stof is het van wezenlijk belang of de organische stof regelmatig over het profiel is verdeeld dan wel in laagjes voorkomt. Bij de modelberekeningen is verondersteld dat de organische stof gelijkmatig is verdeeld over het profiel.

De uitkomsten van de berekeningen blijken erg gevoelig te zijn voor de ingeschatte halfwaarde tijd. In fig. 11 is voor laag 9 in subgebied 7 het verloop van de nitraatconcentratie gegeven bij verschillende halfwaardetijden met als referentie de waarde die in de modelberekeningen is toegepast. Een verdubbeling of een halvering van die halfwaarde tijd betekent dat de nitraatconcentraties belangrijk gaan veranderen.

Overigens is bij deze initialisatie verondersteld dat er in de ondergrond geen andere reducerende verbindingen dan organische stof voorkomen die een bijdrage zouden kunnen leveren aan de denitrificatie.

De hoeveelheden mest die gedurende de periode 1953-1983 moeten worden toegediend zijn verkregen door de hoeveelheden in scenario A (bemestingsniveau 1982) met 0.4 te vermenigvuldigen. Deze reductiefactor is afgeleid uit de ontwikkelingen in de veehouderij tijdens de periode 1953-1983 (tabel 4).

De nitraatconcentratie die met de fluxen over de grenzen van het studiegebied binnen komt via het watervoerende pakket is berekend als gewogen gemiddelde van de nitraatconcentraties in laag 14 van alle subgebieden in de Horst.

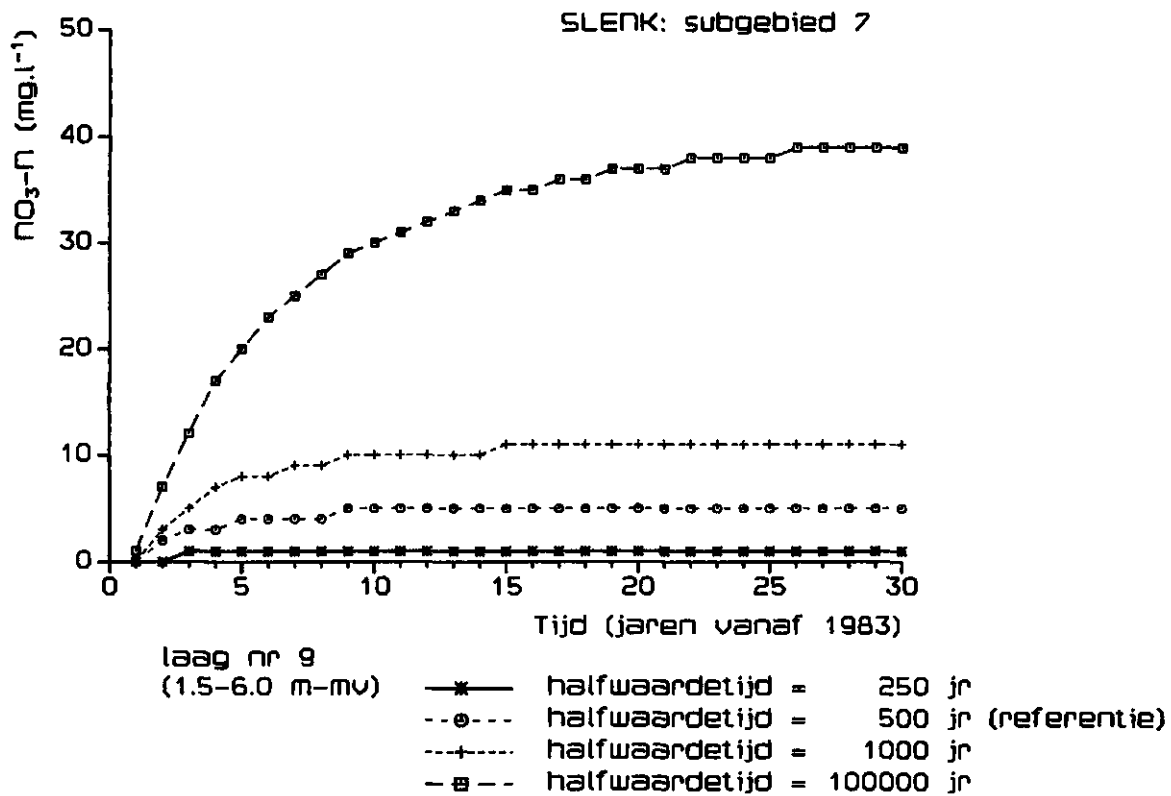


Fig. 11. Tijdverloop van de nitraatconcentratie op een diepte van 1.5 - 6.0 m-mv in subgebied 7 in de periode 1953-1983 voor verschillende halfwaardetijden met betrekking tot de afbraaksnelheid van de organische stof in de ondergrond.

De resultaten van deze initialisatie zijn voor de situatie op 1 februari 1983 in fig. 12 gegeven. In deze figuur worden de nitraat-stikstofconcentraties in mg per liter weergegeven.

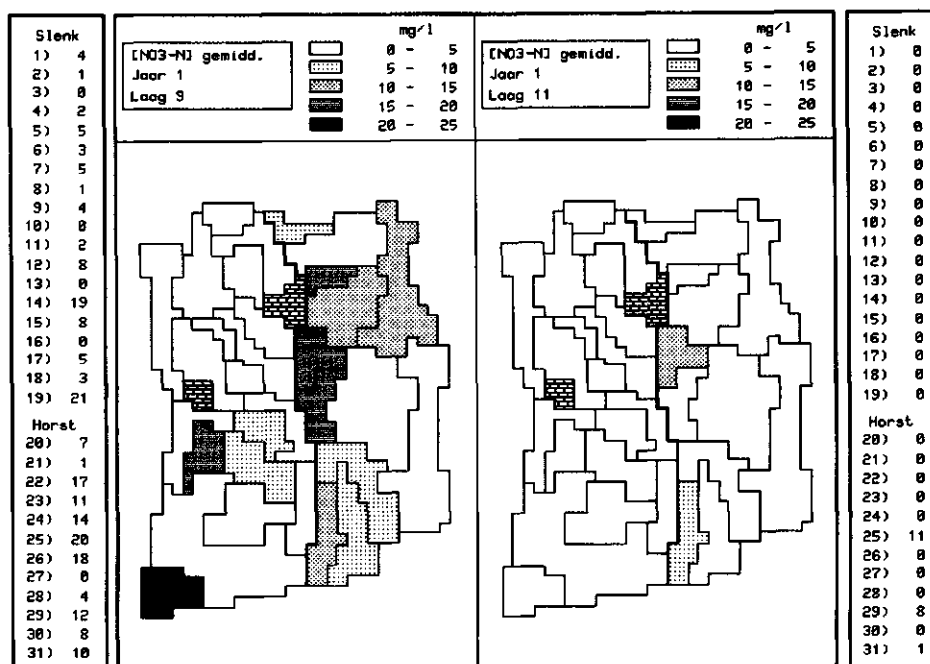


Fig. 12. Gemiddelde nitraatgehalten ($\text{mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$) in de lagen 9 en 11 per subgebied per 1 februari 1983 na een simulatie van de voorgeschiedenis (ofwel: initiele toestand voor alle scenario's)

links: rechts:
 - 1 februari 1983 - 1 februari 1983
 - laag nr 9 - laag nr 11
 (laag 9 = Slenk: 1.5- 6.0 m-mv, Horst: 1.5- 6.0 m-mv)
 (laag 11 = Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv)

De concentraties zijn gepresenteerd als gewogen gemiddelden van de concentraties van de verschillende bodemgebruiksvormen met een weging naar bodemgebruiksoppervlakte (tabel 12). De uitkomsten zijn gepresenteerd voor de lagen 9 en 11 voor alle subgebieden. Laag 9 betreft het bovenste grondwater in het afdekkend pakket op een constante diepte van 1.5 - 6.0 m.-mv in de Slenk; in de Horst zijn de concentraties, terwille van een goede vergelijkingsbasis, gepresenteerd als een gewogen gemiddelde van de lagen die op een diepte van 1.5 - 6.0 m-mv voorkomen. De onderkant van laag 11 vormt in het hele gebied de overgang van de afdeklaag naar het eerste watervoerende pakket (voor de exacte ligging per subgebied zie bijlage 1).

De klasseindeling voor het weergeven van het nitraatgehalte in de kaartjes van fig. 12 is zodanig gekozen dat een klassegrens ongeveer komt te liggen bij de door de Europese Gemeenschap nagestreefde richtwaarde ($5.6 \text{ mg NO}_3\text{-N per liter}$) en een bij de maximaal toelaatbare

nitraatconcentraties in drinkwater in Nederland (11.3 mg NO₃-N per liter). Naast elke kaart staan in tabelvorm de berekende waarden per subgebied zodat ook de verschillen binnen een bepaalde klasse kunnen worden vergeleken.

Uit de gegevens in fig. 12 blijkt dat in de initiele toestand de nitraatgehalten in de Slenk tot op een diepte van 6 m-mv uiteenlopen van 0 - 5 mg NO₃-N per liter, met uitzondering van de subgebieden 14 en 19. Subgebied 14 is een gebied met een diepe voorjaarsgrondwaterstand (1.63 m - mv) zodat de omstandigheden voor denitrificatie in dit subgebied relatief ongunstig zijn. Bovendien is in dit subgebied de verblijftijd van het water in de afdeklaag relatief kort vanwege een grote wegzijging (vergelijk bijlage 5). Subgebied 19 wordt gekenmerkt door een hoge maaiveldsligging en een lage grondwaterstand. Bovendien blijkt uit de isohypsenkaarten van het le watervoerende pakket (Wit, 1986) dat in dit subgebied de stromingsrichting van het water noord-oost is in afwijking van de overheersende noord-west richting. De inkomende flux wordt daarmee vrijwel volledig bepaald door de opgegeven randfluxen.

De nitraatgehalten in laag 9 in de Horst zijn vooral in de subgebieden 22, 24, 25, 26 en 29 wat hoger dan in de Slenk. Hierbij spelen twee aspecten een rol: in deze vijf subgebieden zijn de grondwaterstanden relatief diep, dus minder denitrificatie, en is er sprake van een forse wegzijging naar de ondergrond, dus kortere verblijftijden (vergelijk de bijlagen 4 en 5 voor gegevens over grondwaterstanden en kwel/wegzijging).

In laag 11 van de Slenk wordt per 1-2-'83 geen nitraat berekend, de bovengrond beschikt over voldoende denitrificatiecapaciteit. In de Horst daar en tegen komt op deze diepte in de subgebieden 25 en 29 een nitraatconcentratie voor van ca 10 mg per liter. De reden is dat laag 11 in deze subgebieden veel minder diep ligt dan in de anderen (op een diepte van resp. 5,1 en 5,9 m-mv.(zie bijlage 1)). Deze ondiepe ligging betekent dat in deze subgebieden de watervoerende laag snel wordt belast met nitraat, deze gebieden zijn dus erg kwetsbaar voor een verontreiniging met nitraat.

De resultaten, zoals in fig. 12 weergegeven, zijn geverifieerd aan de hand van een inventarisatie die is uitgevoerd in 1982 aangevuld met

enkele recentere waarnemingen. Bij deze verificatie gelden de volgende beperkingen:

- elke veldmeting is slechts een puntwaarneming, terwijl de gesimuleerde uitkomsten gemiddelden zijn voor betrekkelijk grote gebieden.
- er is slechts een beperkt aantal waarnemingen op diepten groter dan 5 m
- de waarnemingen zijn momentopnamen en geven geen verloop met de tijd
- de waarnemingen zijn meestal niet op het midden van een perceel verricht maar aan de rand of langs wegbermen, hetgeen een vertekend beeld kan opleveren.

De resultaten van de inventarisatie zijn samengevat in tabel 13.

Tabel 13. Gemeten $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties in het grondwater op verschillende dieptes, gepresenteerd als rekenkundig gemiddelde van alle metingen in het hele studiegebied per diepteklasse en als gemiddelden onder snijmais, gras en natuur (Werkgroep Optimalisering Regionaal Waterbeheer, 1987). (40) = het aantal metingen

Filterdiepte (m-mv)	Gemiddelde $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties (mg per liter)			
	studiegebied	snijmais	gras	natuur
1 - 5	13 (131)	54 (13)	21 (41)	1 (70)
5 - 10	1 (40)	2 (4)	2 (26)	0 (7)
10 - 15	2 (36)	4 (7)	2 (21)	0 (3)
15 - 20	1 (34)	2 (5)	3 (8)	0 (9)
>20	0.5 (46)	0 (8)	2 (13)	0 (20)

De meetresultaten voor Horst en Slenk verschillen onderling weinig, zodat geen uitsplitsing is gemaakt over beide gebieden. Het patroon van hoge concentraties in de laag tot 5 m-mv. en lage concentraties op grotere diepten geldt voor beide gebieden. Aangezien in fig. 12 alleen subgebiedsgemiddelden zijn gegeven is er op grond van een vergelijking van de gegevens in fig. 12 en de meetcijfers in tabel 13 toch een redelijke overeenkomst tussen de berekende en de gemeten nitraatconcentraties.

5.3. Scenario A (bemestingsniveau en hydrologie 1982)

Scenario A houdt in: Voortzetting van de huidige bemesting tot 2013 resp. 2043 met grondwateronttrekkingen volgens het niveau van 1982.

De onttrekkingen in het gebied zijn de volgende:

Onttrekking in subgebied	Pompstation	Hoeveelheid	
7	Vlierden	4.5	mln.m3.jr-1
18	Ospel	3.0	" "
4	industrie Helmond	0.5	" "
5	industrie Deurne	0.5	" "
9	industrie Asten	0.5	" "

Alle onttrekkingen vinden plaats in de Slenk; de grote onttrekkingen in de subgebieden 7 en 18 zijn diepe onttrekkingen uit het tweede watervoerende pakket, de industriële onttrekkingen in de subgebieden 4, 5 en 9 vinden plaats vanuit het eerste watervoerende pakket.

Een samengevat overzicht van de mestgiften per subgebied die gelden voor dit scenario zijn gegeven in tabel 14. De stikstof uit organische mest heeft in deze tabel betrekking op hetgeen bruto (dwz. zonder verliezen aan vervluchtiging) wordt gegeven.

De effecten van het doorgaan met het bemestingsniveau volgens tabel 14 op de nitraatconcentraties in de verschillende lagen is in de figuren 13 tot en met 16 na 12, 30 en 60 jaar gegeven. Uit de gegevens in deze figuren valt het volgende af te leiden.

Onder de natuurgebieden (subgebieden 10, 16 en 27) blijven op alle tijdsstappen en in alle lagen de nitraatconcentraties laag. Hetzelfde geldt voor de subgebieden die worden gekenmerkt door weinig afvoer naar de ondergrond en door kwel. De subgebieden 3 en 13 bijvoorbeeld hebben een hoge kwel in zomer en winter. Er komt geen nitraat in het diepe grondwater voor. De mate van uitspoeling wordt tevens bepaald door de grootte van de mestgift. Dit blijkt bijvoorbeeld uit een vergelijking van de concentraties onder subgebieden 1 en 4. Beide subgebieden hebben een geringe wegzijging. In subgebied 1 wordt ruim 2 keer zoveel stikstof via bemesting aan de bodem toegevoegd als in subgebied 4, met als gevolg een aanzienlijk hogere nitraat-concentratie op 6 m -mv in subgebied 1 zowel

Tabel 14. Bruto hoeveelheden stikstof (kg N per ha) per subgebied die bij scenario A met kunstmest en organische mest wordt gegeven.

N-GIFTEN PER SUBGEBIED		BEMESTINGSDATA: ZONDER UITRIJVERBOD								
sub- gebied nr	N-giften			oppervlakttes						
	kunstmest kg N per ha	org mest per ha subgebied	totaal	bouwland kg N per ha	maïs grondgebruik	grasland	bouwland	maïs	grasland ha	totaal
1	127	573	701	287	1035	815	42	111	64	256
2	263	578	841	247	1450	779	77	169	782	1038
3	209	251	460	285	276	783	48	151	497	967
4	75	141	217	319	353	804	33	213	233	1262
5	54	218	272	245	1280	827	114	204	187	1628
6	210	603	813	153	1203	757	14	98	217	350
7	80	246	326	274	559	653	58	336	266	1158
8	280	388	668	100	298	807	1	44	274	351
9	112	337	449	356	716	834	108	513	395	1638
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97
11	195	371	566	263	562	778	46	106	262	486
12	185	207	391	210	293	812	56	109	334	806
13	263	376	639	392	317	794	137	140	620	924
14	166	598	764	266	1209	776	72	241	290	701
15	278	447	725	295	588	786	20	140	812	1002
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1379
17	128	344	472	335	820	808	92	182	235	784
18	241	466	706	270	674	804	455	844	2587	3926
19	130	620	749	330	1351	777	232	349	259	999
20	112	256	368	263	462	795	71	130	140	518
21	216	432	648	325	848	786	127	180	643	1080
22	120	424	545	358	1142	825	14	54	60	213
23	233	514	747	312	977	837	180	287	816	1365
24	156	424	580	278	1434	720	756	378	1040	2587
25	187	489	676	247	748	803	79	261	361	746
26	266	381	647	256	327	812	31	124	439	625
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2534
28	218	268	486	228	341	750	653	490	1436	2866
29	98	337	435	378	1447	712	122	101	87	586
30	140	348	488	323	718	752	281	359	414	1351
31	175	253	428	286	317	775	258	270	615	1485
gemidd	159	333	492	285	777	783				
totaal	5677572	11890764	17568336	1191300	5115768	11247012	4180	6584	14364	35708

na 12 als na 30 jaar (zie bijlagen 4 en 5).

Uit de nitraatconcentraties in laag 11 (15 - 25m -mv) van de Slenk blijkt dat ook na 60 jaar (fig. 16) geen nitraat naar deze diepte doordringt. Ondanks de hoge mestdosering blijkt er in het afdekkend pakket voldoende organische stof aanwezig te zijn om het uit hogere lagen indringende nitraat via denitrificatie af te breken. In de Horst is de situatie anders. Het afdekkende pakket is veel dunner (laag 11, 3.5 - 12.3 m -mv), zodat reeds na 12 jaar met name de dunste lagen (subgebieden 22, 25, 26 en 29) met nitraat worden belast (fig.13). Kijkend naar laag 11 van waaruit water wegzijgt naar het eerste watervoerende pakket dan blijken de nitraatconcentraties onder 4 subgebieden reeds na 12 jaar boven de 5 mg NO₃-N.l⁻¹ uit te komen. Na 30 jaar wordt dit niveau in 8 subgebieden

overschreden (fig. 14, rechts). Het gevolg is dat in subgebied 29 na 30 jaar het daarondergelegen watervoerende pakket met nitraat wordt belast tot $17 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ (fig.15).

In de figuren 15 en 16 worden resultaten gegeven voor de laag waarin de regionale stroming zich afspeelt (laag 14). In deze laag blijkt het richtniveau van $5.6 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ na 12 jaar in geen enkel subgebied te worden overschreden. Na 30 jaar is dit wel het geval in de subgebieden 22 en 29. Bovendien blijkt dat na 30 jaar in een aantal subgebieden in de Slenk een geringe nitraatbelasting op te treden. Dit nitraat kan niet uit de er boven gelegen laag 11 afkomstig zijn, omdat daarin geen nitraat werd berekend. Hier moet dus sprake zijn van lekverliezen vanuit de Horst. De Peelrandbreuk is dus niet volledig afsluitend (Wit, 1986). De overheersende regionale stromingsrichting in het studiegebied is noord-westelijk zodat in enkele subgebieden in de Slenk (o.m. subgebied 17) verhoogde nitraatconcentraties voorkomen als gevolg van deze lekverliezen.

In fig. 16 is voor 2 lagen de situatie weergegeven zoals die zal ontstaan indien het hoge bemestingsniveau nog eens 30 jaar wordt voortgezet tot 2043. Het richtniveau wordt in laag 11 nu negen keer en in laag 14 zeven keer overschreden. Deze overschrijding beperkt zich tot de Horst vanwege de relatief geringe dikte van afdekkend pakket en watervoerende laag.

In de afdeklaag (laag 11) stijgen de concentraties gedurende de periode 2013 tot 2043 slechts matig (fig.16). Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in de meeste subgebieden in de Horst het evenwicht tussen bemesting en uitspoeling reeds in 2013 is bereikt. Dit is niet het geval in het watervoerende pakket, daarin is in 2043 nog geen evenwicht bereikt.

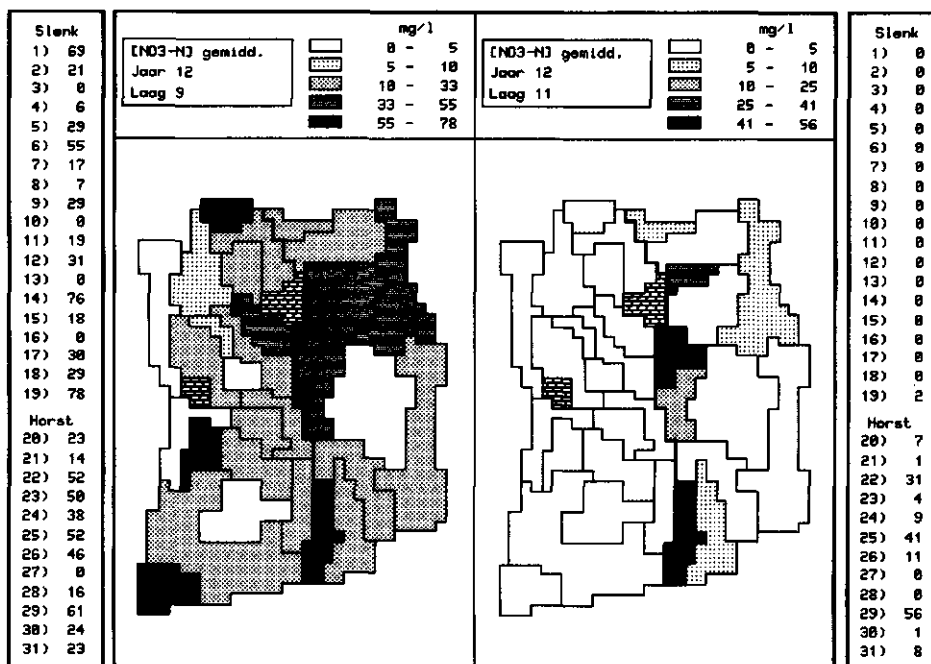


Fig. 13. Scenario A: gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied na 12 jaar voortzetting van het bemestingsniveau 1982.
 links: - 1 februari 1995 - laag nr 9 (laag 9 = Slenk: 1.5- 6.0 m-mv, Horst: 1.5- 6.0 m-mv)
 rechts: - 1 februari 1995 - laag nr 11 (laag 11 = Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv)

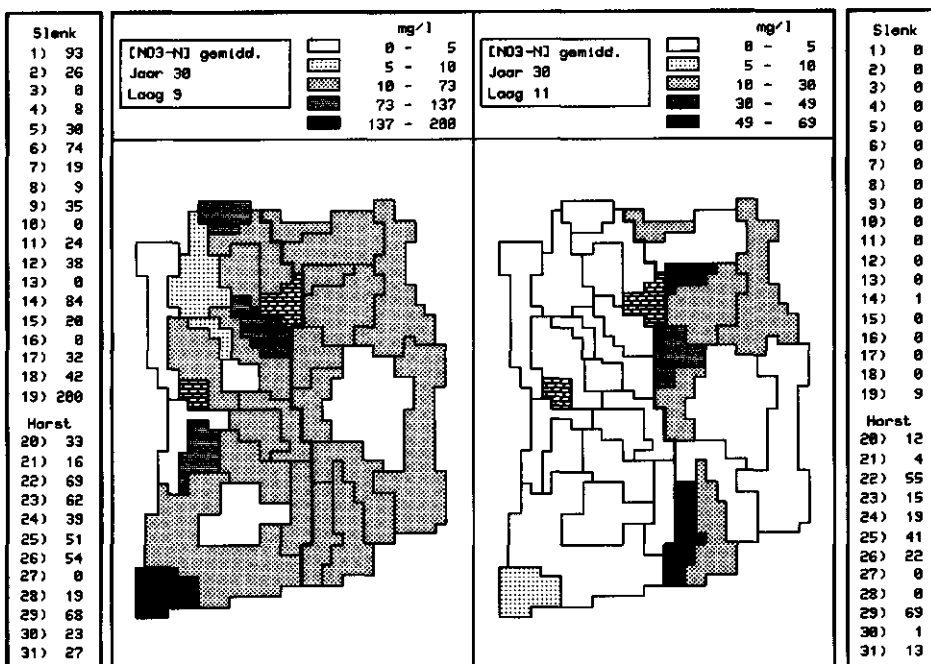


Fig. 14. Scenario A: gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied na 30 jaar voortzetting van het bemestingsniveau 1982.
 links: - 1 februari 2013 - laag nr 9 (laag 9 = Slenk: 1.5- 6.0 m-mv, Horst: 1.5- 6.0 m-mv)
 rechts: - 1 februari 2013 - laag nr 11 (laag 11 = Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv)

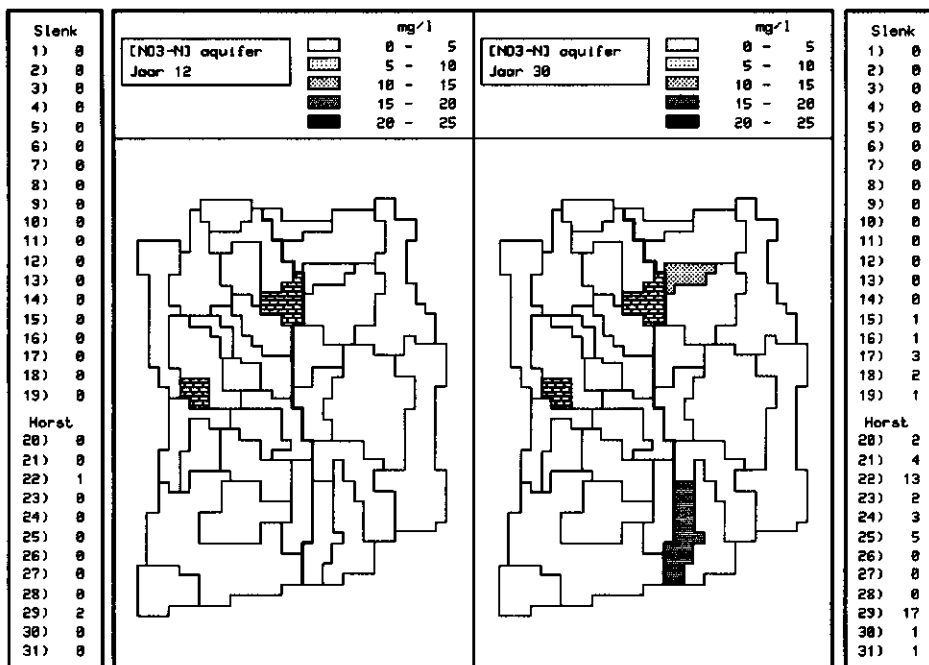


Fig. 15. Scenario A: gemiddeld $\text{NO}_3\text{-N}$ gehalte per subgebied na 12 en 30 jaar voortzetting van het bemestingsniveau 1982.
 links: - 1 februari 1995
 rechts: - 1 februari 2013
 - laag nr 14 - laag nr 14
 (laag 14 = Slenk: 26.0-75.0 m-mv, Horst: 15.0-32.3 m-mv)

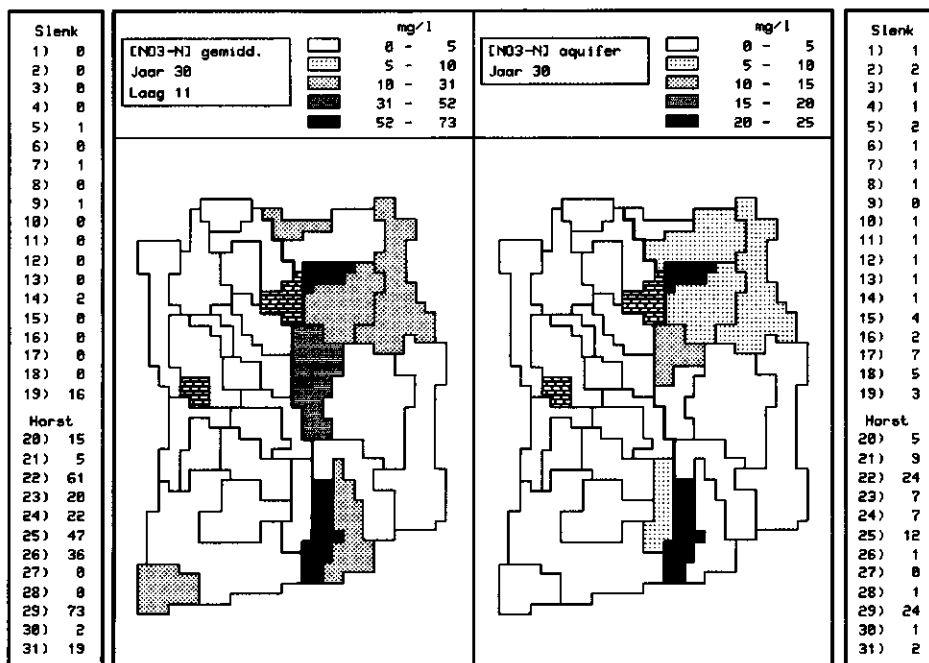


Fig. 16. Scenario A: gemiddeld $\text{NO}_3\text{-N}$ gehalte per subgebied na 60 jaar voortzetting van het bemestingsniveau 1982.
 links: - 1 februari 2043
 rechts: - 1 februari 2043
 - laag nr 11 - laag nr 14
 (laag 11 = Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv)
 (laag 14 = Slenk: 26.0-75.0 m-mv, Horst: 15.0-32.3 m-mv)

5.4. Scenario B (gefaseerde P-norm, hydrologie 1982)

Scenario B houdt in: Bemesting met vanaf 1982 een verlaging in fasen tot 2013 resp. 2043 met grondwateronttrekkingen volgen het niveau van 1982.

In dit scenario wordt het effect berekend van een verlaging van de bemestingsintensiteit in fasen van 4 jaar volgens Het Besluit gebruik dierlijke meststoffen van de Rijksoverheid. De maximaal toegestane doseringen zijn gebaseerd op fosfaatnormen die in tabel 1 zijn gegeven. Op grond hiervan zijn mestgiften berekend volgens de methode van paragraaf 4.4. Het effect van deze gefaseerde terugdringing van de mestgiften is samengevat in tabel 15. Een volledige overzicht van de toegediende hoeveelheden stikstof per fase en per subgebied is gegeven in de bijlagen 2 en 3.

Tabel 15. Overzicht van de gemiddelde giften kunstmest-N en stikstof uit organische mest voor landbouwgrond in het studiegebied en voor bouwland, mais en grasland afzonderlijk in afhankelijkheid van de fosfaatnormen uit tabel 1.

	Kunstmest (kg N gem per ha landbouwgrond)	Org. mest	Totaal	Bouwland (kg N per ha grondgebruik)	Mais	Grasland
Fase 0	159	333	492	285	777	783
Fase 1	156	265	421	253	500	744
Fase 2	160	230	390	252	327	746
Fase 3	180	200	381	251	289	741
Fase 4	227	142	369	245	280	718

Uit de gegevens in tabel 15 blijkt dat het reduceren van de organische bemesting op basis van P-normen tot gevolg heeft dat de stikstof die met organische mest werd gegeven wordt vervangen door stikstof uit kunstmest. Omdat er geen maxima aan bemesting op basis van N-normen zijn gesteld wordt op bouwland en grasland de organische stikstof aangevuld met kunstmest-N tot niveau's die nodig zijn voor een hoge produktie (zie tabel 6). Op mais vindt wel een vermindering van de N-bemesting plaats omdat de overdosering met organische mest niet meer mogelijk is.

Voor de gefaseerde mesttoedieningen is in het model het volgende tijdsschema gehanteerd:

1983-1987: gedurende 4 jaar het bemestingsniveau van 1982
1987-1991: gedurende 4 jaar fase 1 (P1-norm)
1991-1995: gedurende 4 jaar fase 2 (P2-norm)
1995-1999: gedurende 4 jaar fase 3 (P3-norm)
1999-2013: gedurende 14 jaar fase 4 (P4-norm)
2013-2043: gedurende 30 jaar fase 4 (P4-norm)

De effecten van deze gefaseerde verlaging van het bemestingsniveau op de nitraatconcentraties in de verschillende lagen is in de figuren 18 tot en met 25 na 12, 30 en 60 jaar gegeven. Ter vergelijking zijn per figuur kaartjes en tabellen opgenomen van scenario A. Hiermee wordt het mogelijk het effect van een gefaseerde invoer van beperkingen in de bemesting per laag te bestuderen.

Verwacht mag worden dat het terugdringen van de organische bemesting in de bovenste lagen vrij snel kan worden vastgesteld. Afhankelijk van de diepte en de daarmee samenhangende verblijftijd, zal het echter meerdere jaren kunnen duren voor een effect van de P-norm op grotere diepte merkbaar wordt. In fig. 17 is van subgebied 25 een tijdverloop van de nitraatconcentratie gegeven als gewogen gemiddelde op een diepte van 3.5 - 5.1 m-mv. voor scenario A en B. Uit deze figuur blijkt dat op deze diepte het effect van de start van de P-bemestingsnormen pas 6 jaar later merkbaar is aan een verlaging van het nitraatgehalte. Na een gelijkmatige daling van het nitraatgehalte duurt het nog altijd meer dan 10 jaar voor het nitraatgehalte beneden de maximaal toelaatbare concentratie van 10 mg NO₃-N per liter zit.

In de figuren 18, 19 en 23 is na respectievelijk 12, 30 en 60 jaar het effect van een beperking van de bemesting via een gefaseerde P-norm en een uitrijverbod in het najaar gegeven op de nitraatconcentraties in laag 9 (1.5 - 6.0 m-mv.) en vergeleken met een situatie van continuering van het bemestingsniveau van 1982 (scenario A). In overeenstemming met het patroon van fig. 17 is de nitraatconcentratie bij scenario B in alle subgebieden belangrijk lager dan bij scenario A. Deze ontwikkeling zet

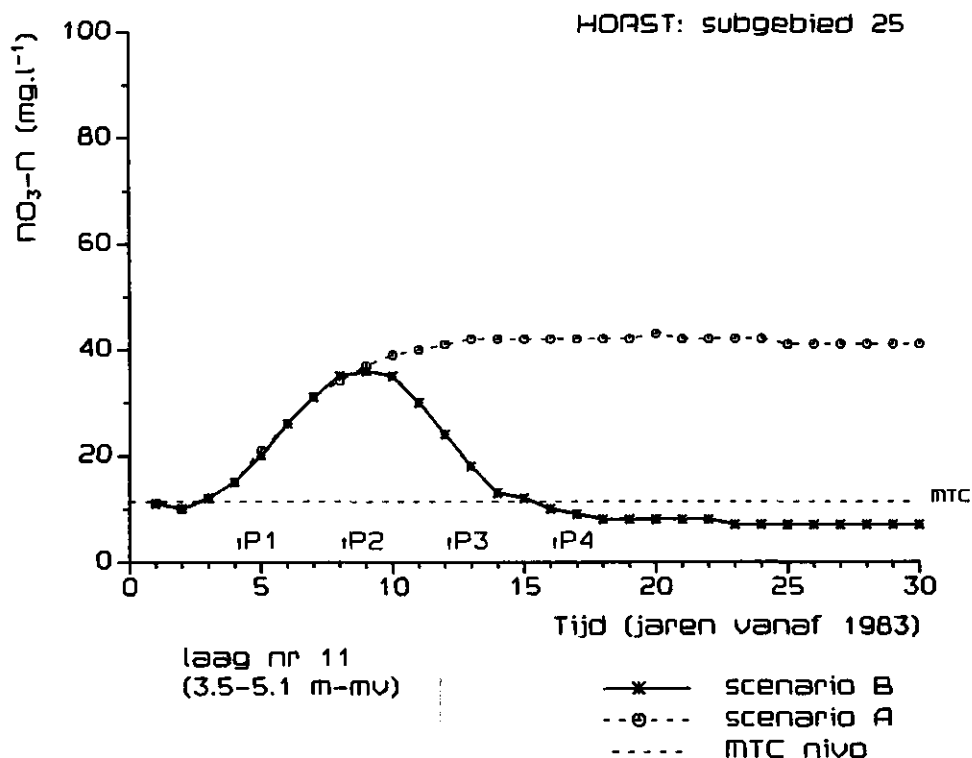


Fig. 17. Verloop van de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie in de tijd als gewogen gemiddelde in laag 11 (3.5-5.1 m-mv) van subgebied 25 bij de scenario's A en B. De tijdstippen van introductie van de verschillende P-normen is met pijlen aangegeven. MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

zodanig door na 30 jaar dat in het jaar 2013 in de Slenk slechts 1 subgebied (subgebied 7) nog een nitraatconcentratie heeft boven de $10 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$; in de Horst gaat het dan nog om 4 subgebieden (subgebieden 20, 24, 25 en 26). In die periode van 30 jaar heeft zich verder een redelijk evenwicht op deze diepte ingesteld want nog eens 30 jaar doorrekenen levert weinig veranderingen meer op (fig. 23).

Deze verlaging van het nitraatgehalte bij scenario B zet zich voort in diepere lagen. Vanuit laag 11 vindt voeding plaats naar het watervoerende pakket. De nitraatconcentraties in deze laag zijn na 12, 30 en 60 jaar voor beide scenario's gegeven in respectievelijk de figuren 19, 21 en 24. Bij de bespreking van de resultaten van scenario A is er reeds op gewezen dat de subgebieden 22, 25 en 29 in de Horst tot de kwetsbare gebieden

behoren op basis van de combinatie van een dun afdekkend pakket en een hoge wegzijgingsintensiteit. Het effect van scenario B is goed te zien aan de verlaging van de nitraatgehaltenes in laag 11 van deze subgebieden. Na 30 jaar heeft alleen subgebied 25 nog een nitraatconcentratie boven de richtlijn van $5.6 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$. Het logische gevolg van deze belangrijke verbetering in de nitraatconcentraties is dat bij scenario B er geen nitraat meer voorkomt in het watervoerende pakket van zowel de Slenk als de Horst (laag 14 in de figuren 22 en 25).

In de figuren 18 t/m 25 zijn de nitraatconcentraties gegeven in grondlagen die in verband met het gebruik van van het grondwater het meest belangrijk zijn:

- bovenste laag van het grondwater (laag 9)
- laag waaruit het le watervoerende pakket wordt gevoed (laag 11)
- le watervoerende pakket (laag 14)

In aansluiting hierop is in fig. 26 als voorbeeld voor subgebied 22 het nitraatgehalte gegeven in het profiel onder onberegend grasland en onberegende mais. Dit is gedaan voor de initiële situatie in 1983, voor de situatie in 2013 volgens scenario A en in 2013 volgens scenario B.

In deze figuur vallen de volgende aspecten op:

- a. voor beide bodemgebruiksvormen zijn de nitraatconcentraties in het profiel in het geval van bemesting volgens de gefaseerde P-norm op diepten tot 5 m-mv na 30 jaar lager dan de startwaarde in 1983. De hoogste concentraties komen voor tussen 1 en 2 m-mv, beneden 5 m is geen nitraat meer aanwezig.
- b. zowel onder grasland als onder mais is nitraat over het hele profiel doorgedrongen als het huidige bemestingsniveau zonder uitrijverbod wordt voortgezet, met onder mais nitraatpieken tot boven $200 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ tussen 2 en 3 m-mv. De nitraatconcentratie onder gras beneden 15 m-mv. is in dit geval hoger dan daarboven. De reden is dat het afdekkend pakket tot 15 m reikt met daarin alleen verticale stroming. Beneden deze 15 m bevindt zich het watervoerende pakket waarin horizontale menging plaats vindt met nitraatrijk water dat instroomt vanuit andere bodemgebruiksvormen.

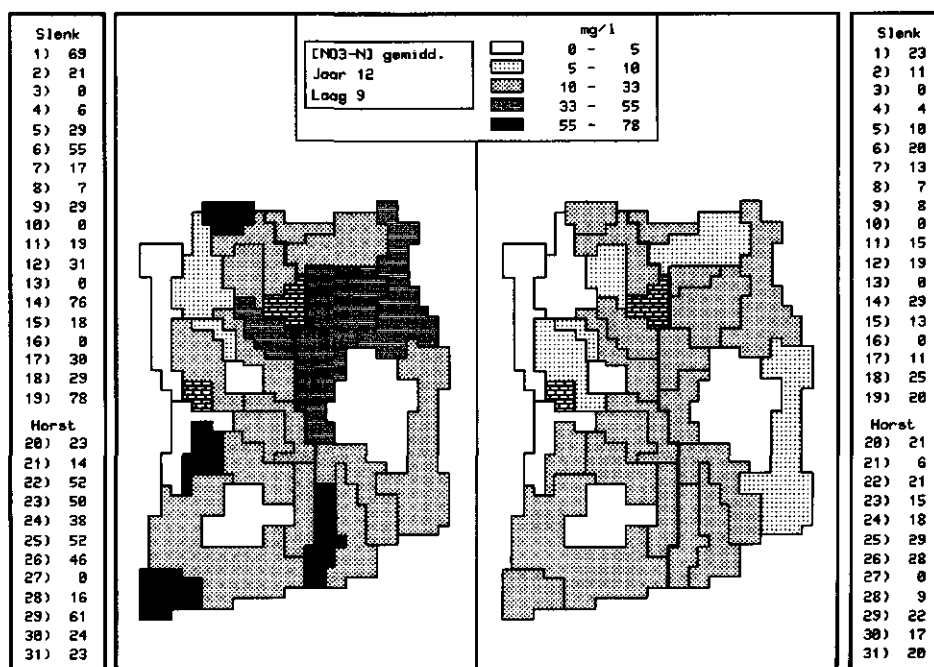


Fig. 18. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario A en B
 links: scenario A (bemestingsniveau 1982) - 1 februari 1995 - laag nr 9 (laag 9 = Slenk: 1.5- 6.0 m-mv, Horst: 1.5- 6.0 m-mv)
 rechts: scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 1995 - laag nr 9

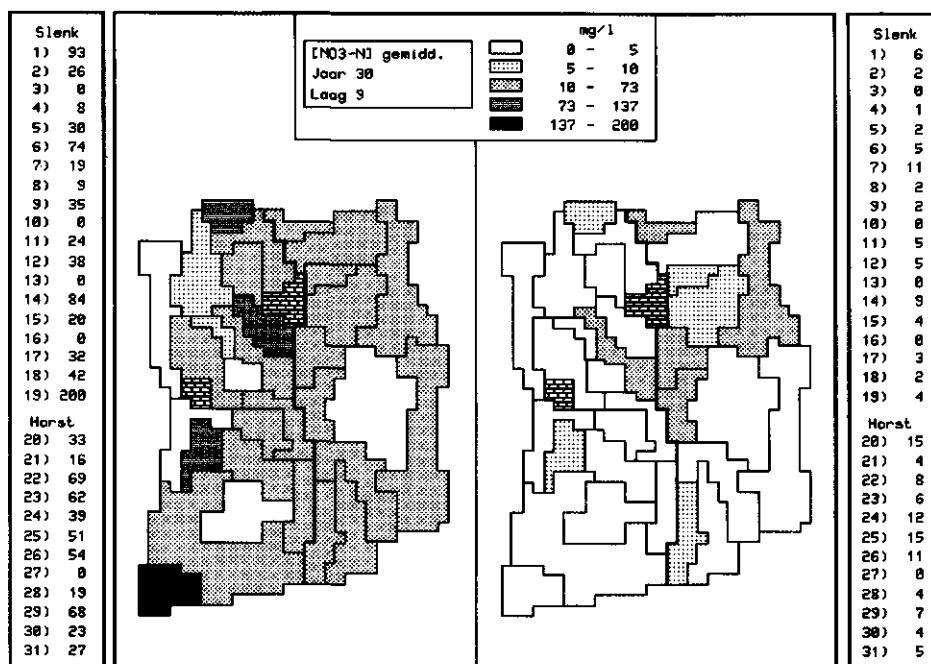


Fig. 19. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario A en B
 links: scenario A (bemestingsniveau 1982) - 1 februari 2013 - laag nr 9 (laag 9 = Slenk: 1.5- 6.0 m-mv, Horst: 1.5- 6.0 m-mv)
 recht: scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 2013 - laag nr 9

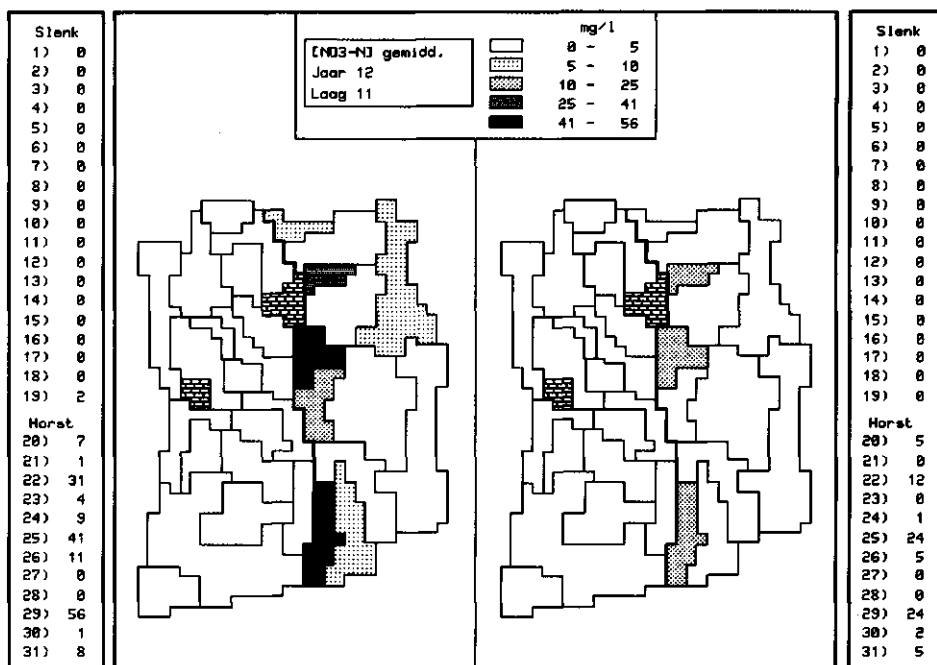


Fig. 20. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario A en B
 links: - scenario A (bemestingsniveau 1982) - 1 februari 1995 - laag nr 11
 rechts: - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 1995 - laag nr 11
 (laag 11 = Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv)

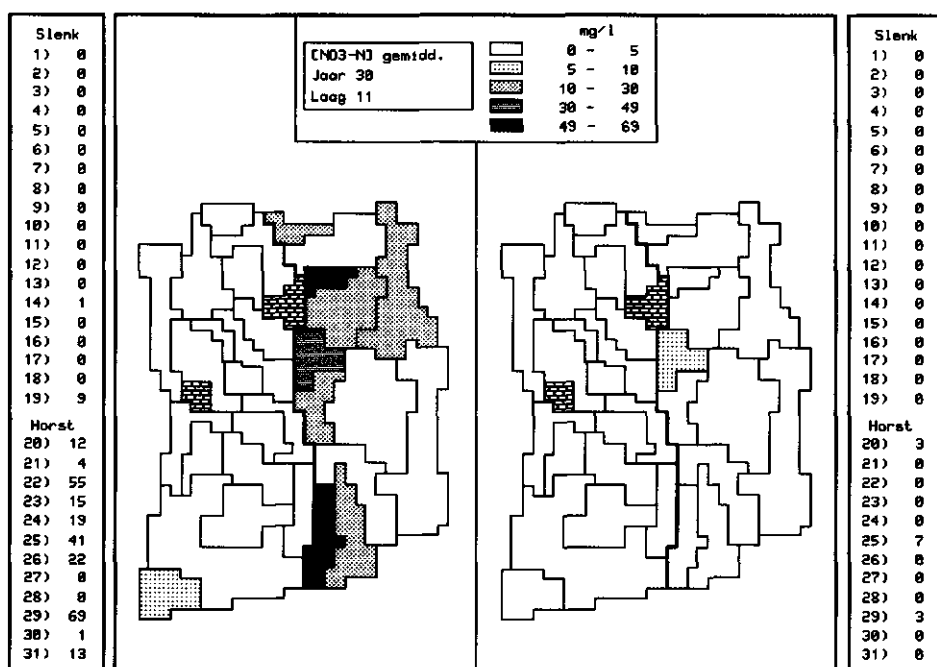


Fig. 21. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario A en B
 links: - scenario A (bemestingsniveau 1982) - 1 februari 2013 - laag nr 11
 rechts: - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 2013 - laag nr 11
 (laag 11 = Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv)

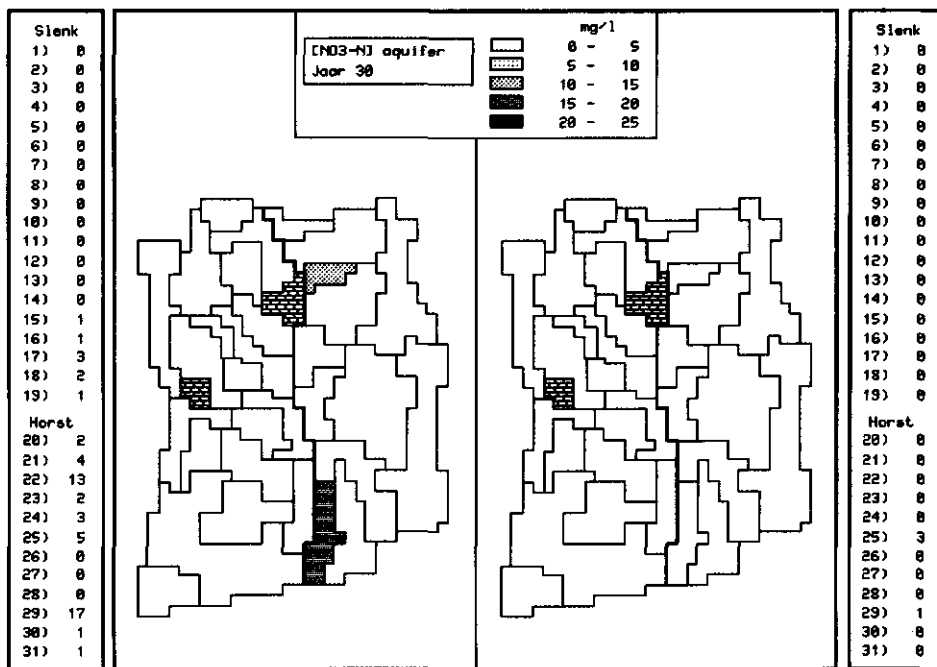


Fig. 22. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario A en B
 links: - scenario A (bemestingsniveau 1982) - 1 februari 2013 - laag nr 14
 rechts: - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 2013 - laag nr 14
 (laag 14 = Slenk: 26.0-75.0 m-mv, Horst: 15.0-32.3 m-mv)

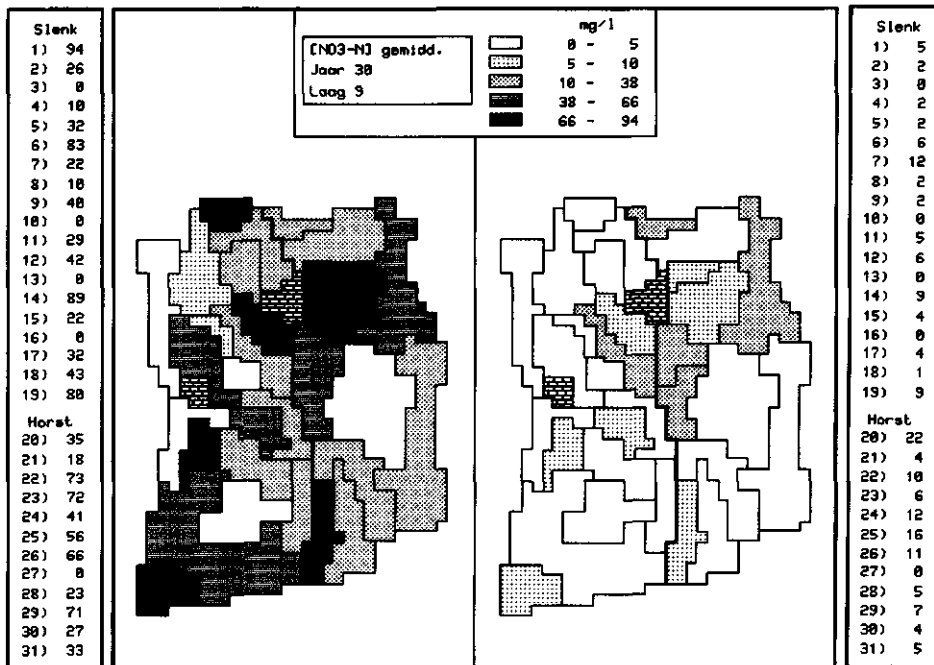


Fig. 23. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario A en B
 links: - scenario A (bemestingsniveau 1982) - 1 februari 2043 - laag nr 9 (laag 9 - Slenk: 1.5- 6.0 m-mv, Horst: 1.5- 6.0 m-mv)
 rechts: - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 2043 - laag nr 9

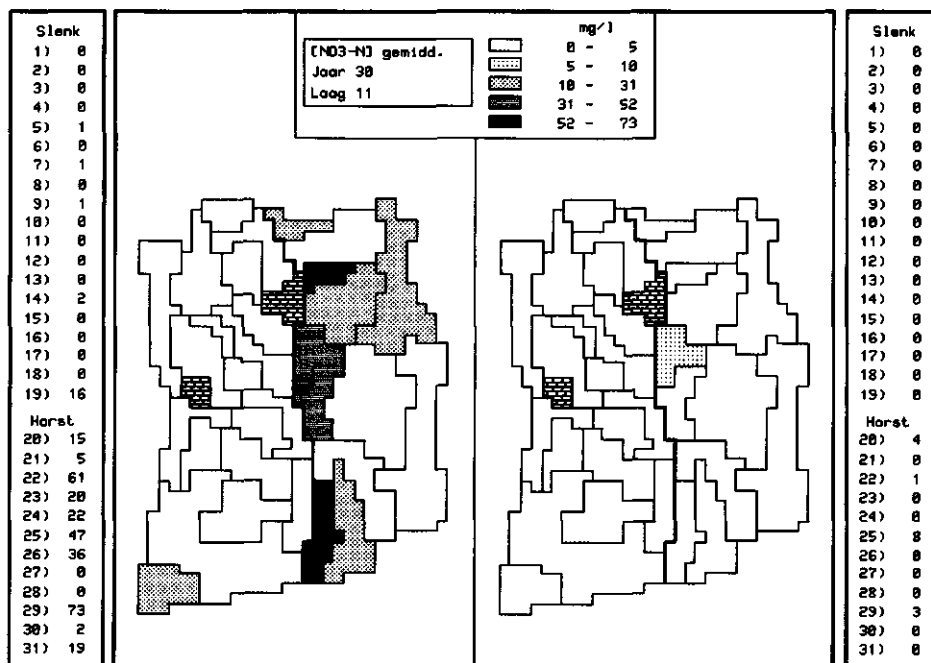


Fig. 24. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario A en B
 links: - scenario A (bemestingsniveau 1982) - 1 februari 2043 - laag nr 11 (laag 11 - Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv)
 rechts: - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 2043 - laag nr 11

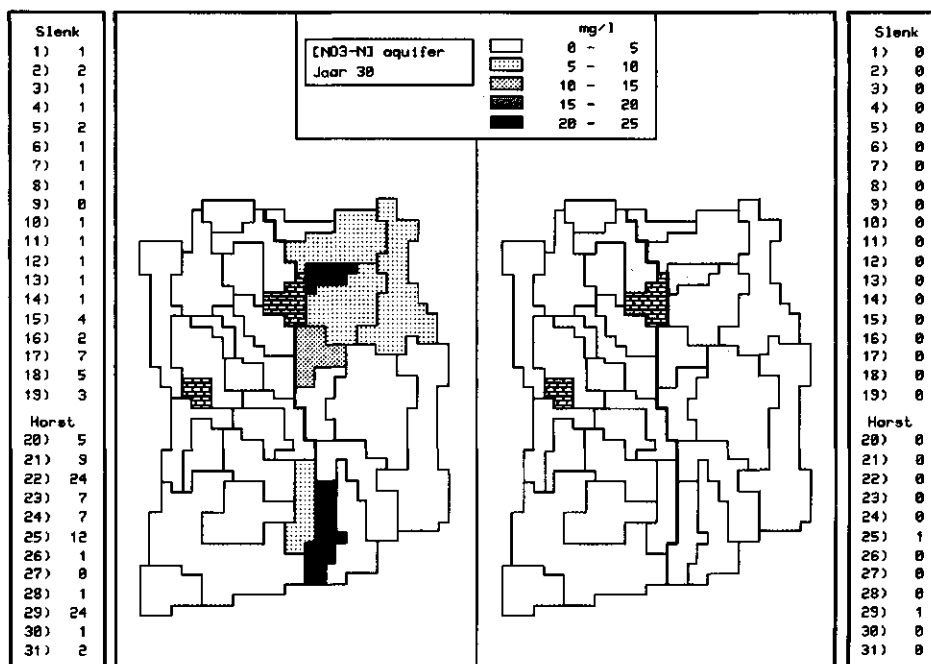


Fig. 25. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario A en B
 links:
 - scenario A
 (bemestingsniveau 1982)
 - 1 februari 2043
 - laag nr 14
 (laag 14 = Slenk: 26.0-75.0 m-mv, Horst: 15.0-32.3 m-mv)
 rechts:
 - scenario B
 (gefaseerde P-norm)
 - 1 februari 2043
 - laag nr 14

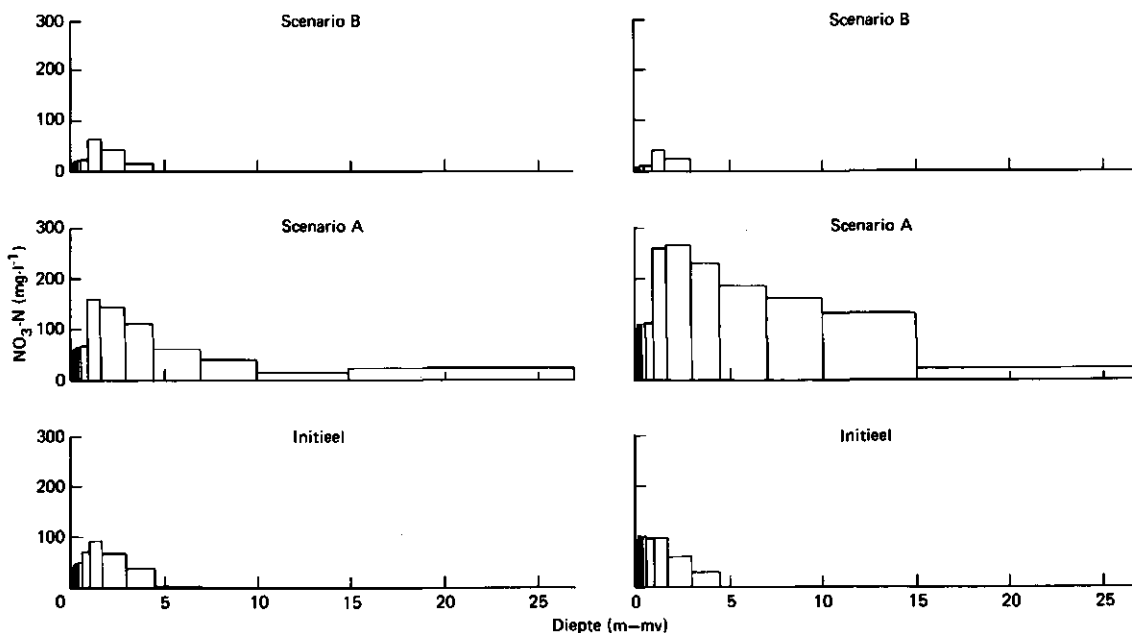


Fig. 26. Verloop van de nitraatconcentraties in het profiel onder onberegend grasland en onberegende mais in subgebied 22 voor de initiële situatie van 1983, na 30 jaar scenario A en na 30 jaar scenario B.

5.5. Scenario C (gefaseerde P-norm, fictieve hydrologie)

Scenario C houdt in: bemesting als in scenario B tot 2013 maar met uitbreiding van de huidige grondwateronttrekkingen.

Het doel van scenario C is informatie te verkrijgen over het effect van een verlaging van de grondwaterstand als gevolg van extra onttrekkingen op de nitraatbelasting van het grondwater. Bij een reeds landbouwkundig optimale grondwaterstand leidt een verdere verlaging daarvan tot een betere zuurstofhuishouding in de ondergrond, de kans op denitrificatie vermindert daardoor, hetgeen kan leiden tot een toename van de nitraatbelasting van het diepere grondwater. Hiervoor is scenario B uitgebreid met een aantal hydrologische ingrepen in de vorm van extra onttrekkingen in de subgebieden 12 (Slenk) en 25 (Horst) en een toename van de berekening volgens het tussenscenario van de SWLT (1980).

De extra onttrekkingen hebben de volgende capaciteit:

	Subgebied		Onttrekking	
Slenk	12	5.0	mln.m ³ .jr ⁻¹	(eerste waterv. pakket)
	12	3.0	" "	(tweede waterv. pakket)
Horst	25	3.0	" "	(eerste waterv. pakket)

Het eerste watervoerende pakket bevindt zich in subgebied 12 op 25.0-75.0 m-mv en in subgebied 25 op 5.1-25.1 m-mv.

De uitbreiding van berekening is in het model gerealiseerd door een deel van de niet-beregende bodemgebruiksvormen in tabel 12 om te zetten in beregende bodemgebruiksvormen. De grootte van deze omzetting is afgeleid van het genoemde tussenscenario uit de SWLT-studie.

Het effect op de grondwaterstand van de fictieve onttrekkingen concentreert zich op de subgebieden waarin deze onttrekking plaats vindt. In beide subgebieden is er sprake van een grondwaterstandsverlaging van 50 - 70 cm, tabel 16 geeft hiervan een overzicht. In de overige subgebieden is de verandering in grondwaterstand marginaal. Een volledig overzicht van de invloed van de fictieve onttrekkingen op de grondwaterstand, wegzijging en berekening is in de bijlagen 4 en 5 gegeven.

Tabel 16. Overzicht van de grondwaterstanden (m-mv) in de subgebieden 12 en 25 per 1 april en 1 oktober voor scenario B en C

Subgebied	1 april		1 oktober	
	scen. B	scen. C	scen. B	scen. C
12	1.27	1.83	1.62	2.18
25	1.04	1.76	1.62	2.32

In de figuren 27 en 28 is het verloop gegeven van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van resp. de subgebieden 12 en 25. Dit is ter vergelijking gedaan voor de scenario's C en B. Het effect van de extra grondwateronttrekking resulteert in beide gebieden op deze diepte in een toename van de nitraatconcentratie met 20 tot 25 %. Aangezien in beide scenario's het effect van de gefaseerde P-norm meespeelt, is de toename van nitraat als gevolg van een extra onttrekking relatief gezien niet groot.

In de figuren 29 t/m 33 is na 12 en 30 jaar het effect gegeven van de extra onttrekking van grondwater op de nitraatconcentraties in de lagen 9, 11 en 14. Uit deze gegevens blijkt dat de veranderingen in nitraatgehalten in de subgebieden 12 en 25 vooral na 30 jaar herkenbaar zijn als een gevolg van de extra onttrekkingen. In de overige subgebieden is er slechts sprake van kleine verschillen als resultante van zeer kleine verschillen in de hydrologische omstandigheden van de scenario's B en C.

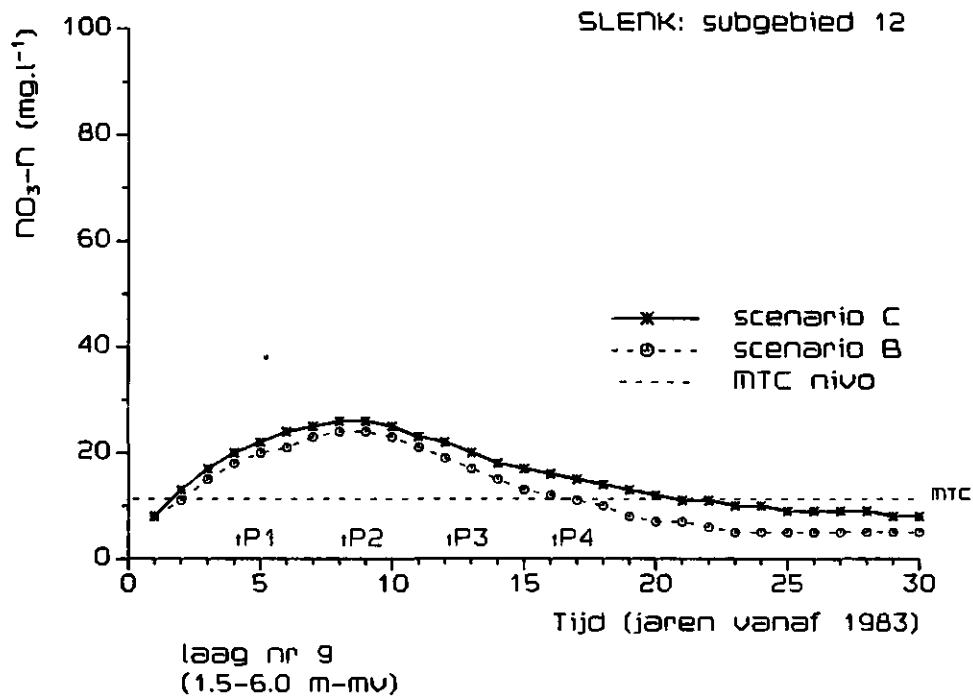


Fig. 27. Verloop van de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie in de tijd als gewogen gemiddelde op 1.5- 6.0 m-mv van subgebied 12 bij de scenario's C en B; de tijdstippen van introductie van bemesting volgens de gefaseerde P-normen is met pijlen aangegeven.

MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

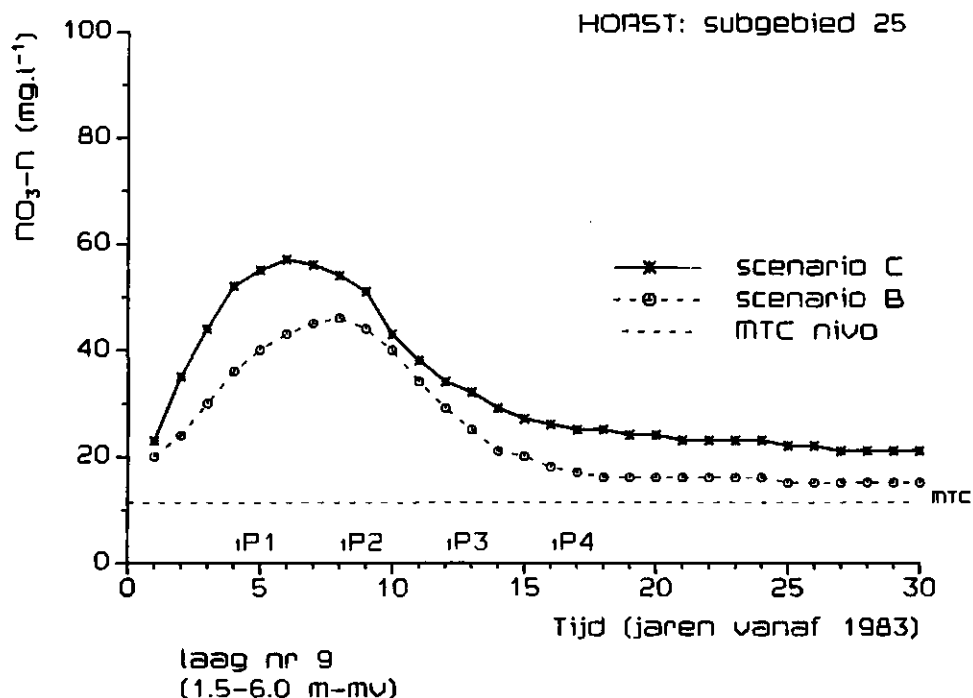


Fig. 28. Verloop van de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie in de tijd als gewogen gemiddelde op 1.5 - 6.0 m-mv van subgebied 25 bij de scenario's C en B; de tijdstippen van introductie van bemesting volgens de gefaseerde P-normen is met pijlen aangegeven.

MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

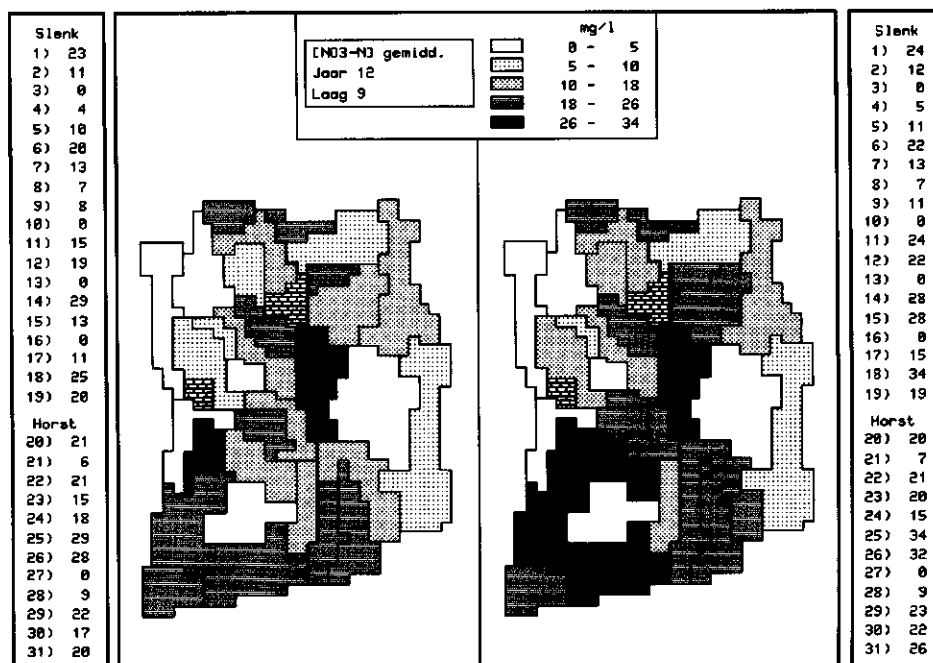


Fig. 29. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario B en C

<p>links:</p> <ul style="list-style-type: none"> - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 1995 - laag nr 9 (laag 9 = Slenk: 1.5- 6.0 m-mv, Horst: 1.5- 6.0 m-mv) 	<p>rechts:</p> <ul style="list-style-type: none"> - scenario C (scen. B + fict. hydrologie) - 1 februari 1995 - laag nr 9
--	---

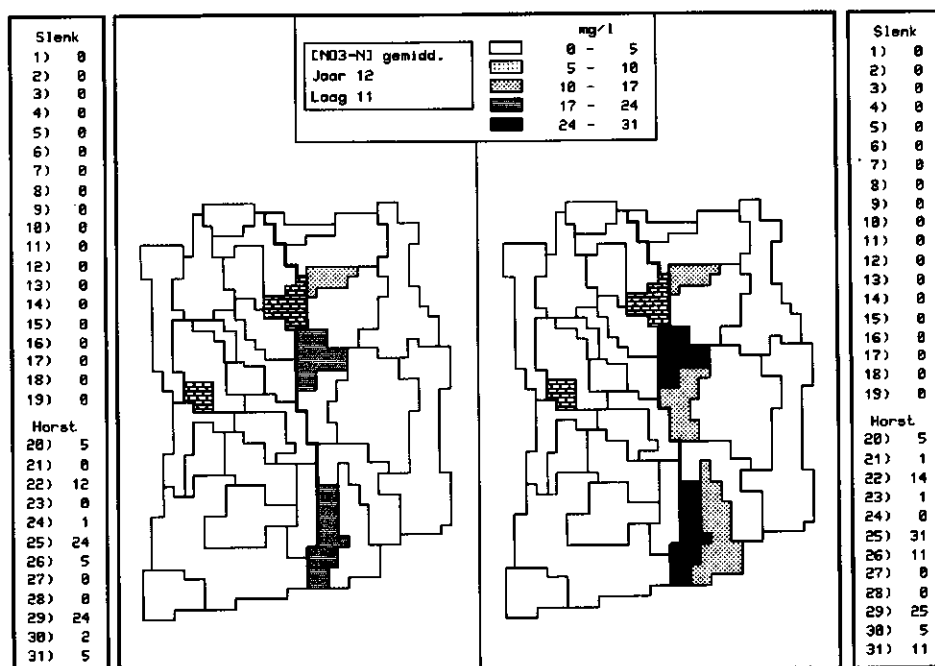


Fig. 30. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario B en C

<p>links:</p> <ul style="list-style-type: none"> - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 1995 - laag nr 11 (laag 11 = Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv) 	<p>rechts:</p> <ul style="list-style-type: none"> - scenario C (scen B + fict. hydrologie) - 1 februari 1995 - laag nr 11
---	---

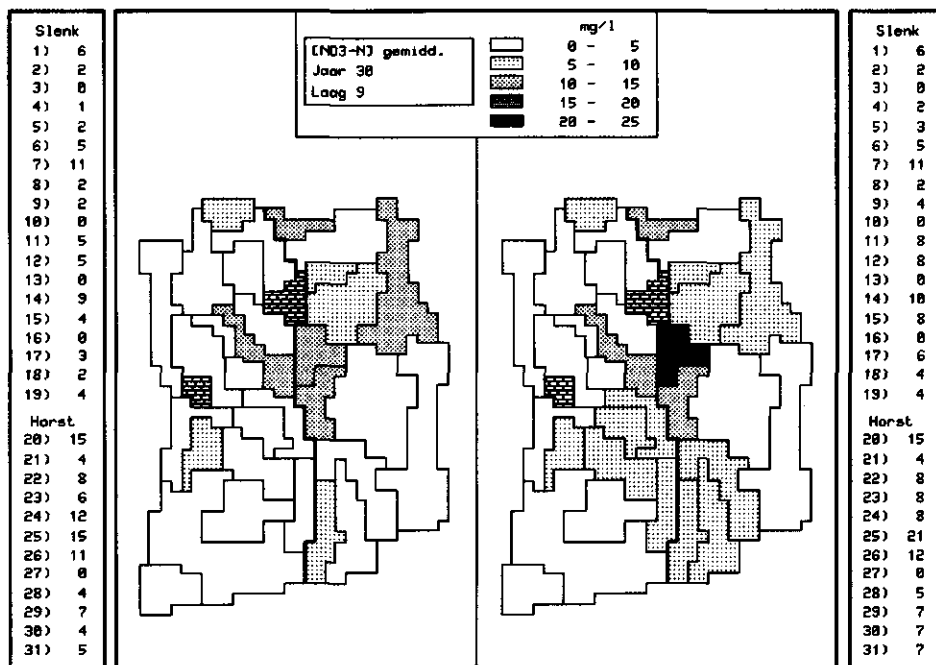


Fig. 31. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario B en C
 links: - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 2013 - laag nr 9 (laag 9 = Slenk: 1.5- 6.0 m-mv, Horst: 1.5- 6.0 m-mv)
 rechts: - scenario C (scen. B + fict. hydrologie) - 1 februari 2013 - laag nr 9

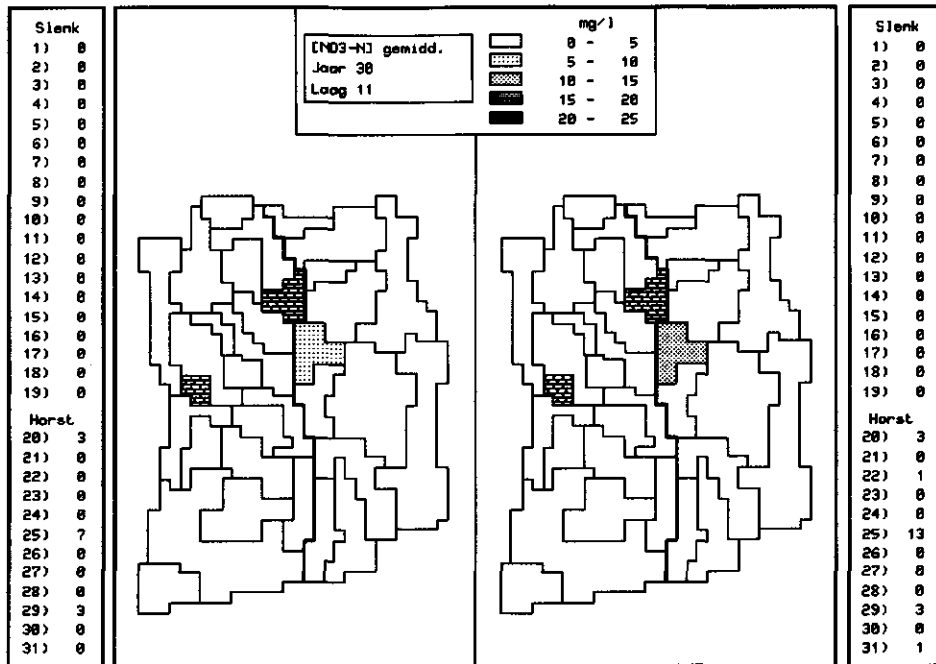


Fig. 32. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario B en C
 links: - scenario B (gefaseerde P-norm) - 1 februari 2013 - laag nr 11 (laag 11 = Slenk: 15.0-25.0 m-mv, Horst: 3.5-12.3 m-mv)
 rechts: - scenario C (scen. B + fict. hydrologie) - 1 februari 2013 - laag nr 11

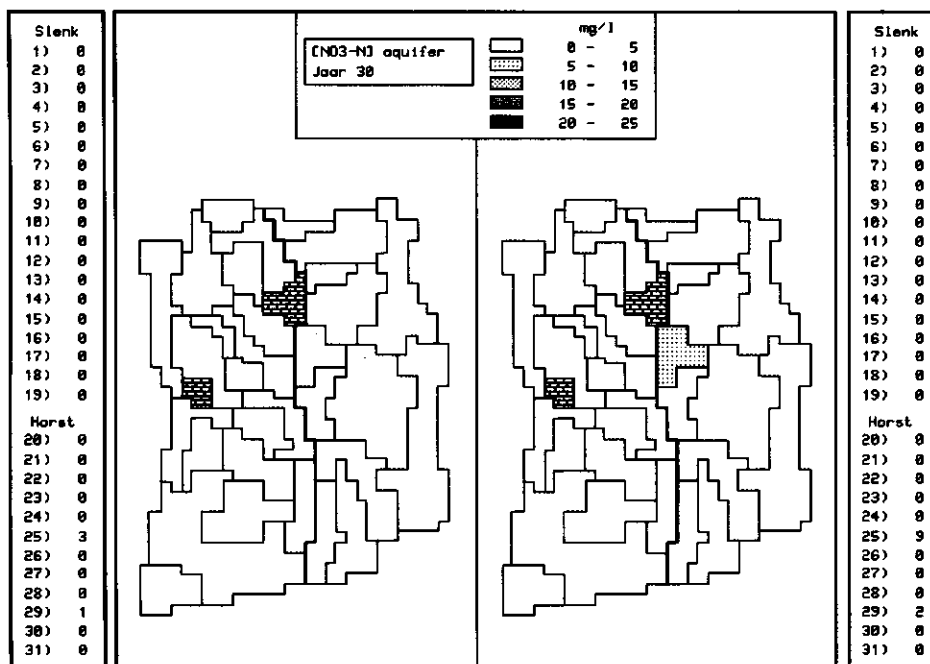


Fig. 33. Gemiddeld NO₃-N gehalte per subgebied bij scenario B en C
 links:
 - scenario B
 (gefaseerde P-norm)
 - 1 februari 2013
 - laag nr 14
 (laag 14 = Slenk: 26.0-75.0 m-mv, Horst: 15.0-32.3 m-mv)
 rechts:
 - scenario C
 (scen.B + fict. hydrologie)
 - 1 februari 2013
 - laag nr 14

5.6. Scenario D (gefaseerde P-norm, fictieve hydrologie, extra P4-norm)

Scenario D houdt in: bemesting en onttrekking van grondwater als in scenario C tot 2013, maar vanaf 1987 in de beschermingszones van waterwingebieden de gestelde eindnorm.

Scenario D is opgezet voor het berekenen van het effect van een versnelde invoering van een beperking in de bemesting volgens de zwaarste P-norm in waterwingebieden. Hiervoor is in de subgebieden 12 en 25 de P4-norm vanaf 1987 opgelegd onder handhaving van de fictieve hydrologische situatie van scenario C. In de figuren 34 en 35 is het verloop van het nitraatgehalte gegeven voor het bovenste grondwater in de subgebieden 12 en 25 voor de scenario's C en D. In beide gevallen blijkt dat invoering van de P4-norm vanaf 1987 een versnelde teruggang van de nitraatconcentratie tot gevolg heeft. In de situatie van subgebied 12 met een gefaseerde teruggang in bemesting (scenario C) duurt het ca 17 jaar voor het nitraatgehalte beneden de $10 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ komt, bij scenario D is dat gehalte na 8 jaar bereikt. In subgebied 25 stelt zich over vergelijkbare tijdsperiodes een evenwicht in op een niveau van $20 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$. In paragraaf 5.2 is reeds uiteengezet dat voor een vergelijkingsbasis van de nitraatgehalten in het bovenste grondwater berekeningen zijn uitgevoerd voor de laag 1.5 - 6.0 m beneden maaiveld. In de Horst betekent dit dat een gewogen gemiddelde is berekend over een aantal laagjes. Nu wil het geval dat in subgebied 25 het afdekkende pakket erg dun is (tot 5.1 m beneden maaiveld). Voor het nitraatgehalte in laag 9 moest daarvoor een gewogen gemiddelde worden berekend over de lagen 8 (0.2 m), 9 (1.7 - 2.5 m), 10 (2.5 - 3.5), 11 (3.5 - 5.1 m) en 12 (0.9m) (vergelijk bijlage 1). Het gevolg is dat in dit subgebied de ondiepe laagjes relatief veel nitraat leveren voor het gemiddelde, zodat de evenwichtswaarde op $20 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ komt. In verband hiermee is in de figuren 36 en 37 voor afzonderlijke laagdiktes het verloop van het nitraatgehalte in de tijd uitgezet. Vanuit laag 11 wordt op grond hiervan het watervoerende pakket gevoed met een nitraatconcentratie die na verloop van tijd op een evenwichtswaarde van ca. $10 \text{ mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ ligt, beduidend lager dus dan op grond van de ruwere berekeningen in het voorgaande was bepaald. Het verloop van het nitraatgehalte in de bovenste laag van het watervoerende pakket is gegeven in fig. 37.

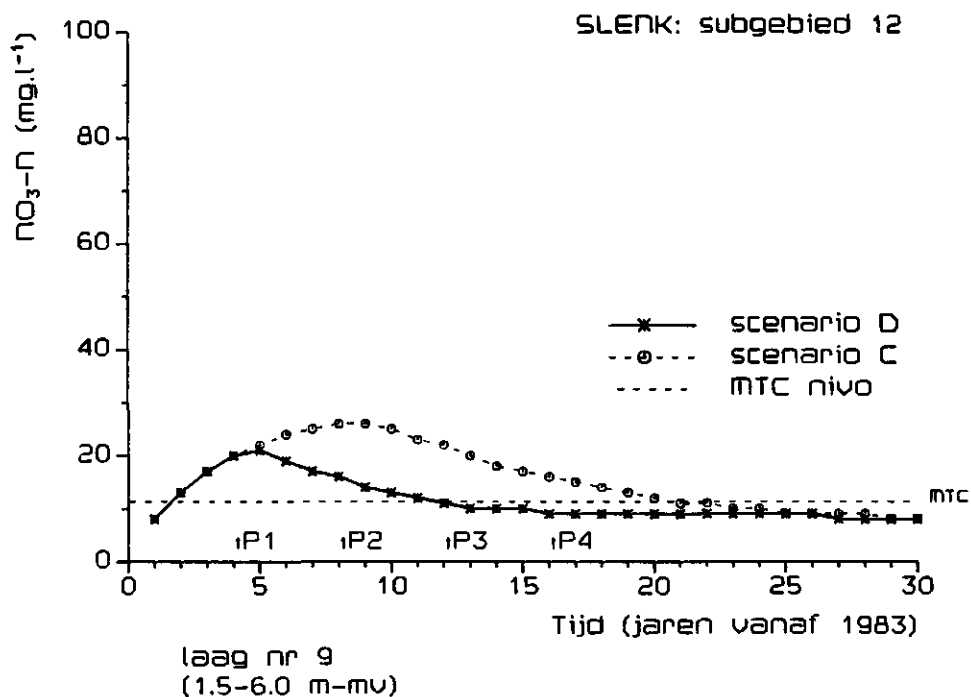


Fig. 34. Verloop van het nitraatgehalte in de tijd op 1.5 - 6.0 m-mv. als gemiddelde van subgebied 12 voor de scenario's C en D. De tijdstippen van introductie van de bemesting volgens de gefaseerde P-normen zijn met pijlen aangegeven. In scenario D is P4 ingegaan in 1987. MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

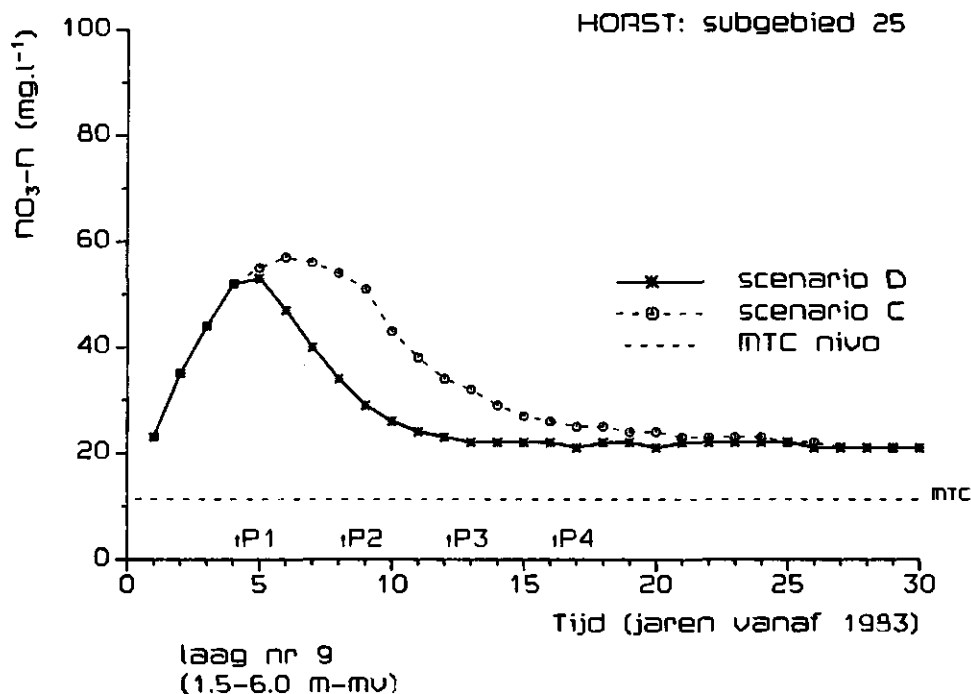


Fig. 35. Verloop van het nitraatgehalte in de tijd op 1.5 - 6.0 m-mv. als gemiddelde in subgebied 25 voor de scenario's C en D. De tijdstippen van introductie van de bemesting volgens de gefaseerde P-normen zijn met pijlen aangegeven. In scenario D is P4 ingegaan in 1987. MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

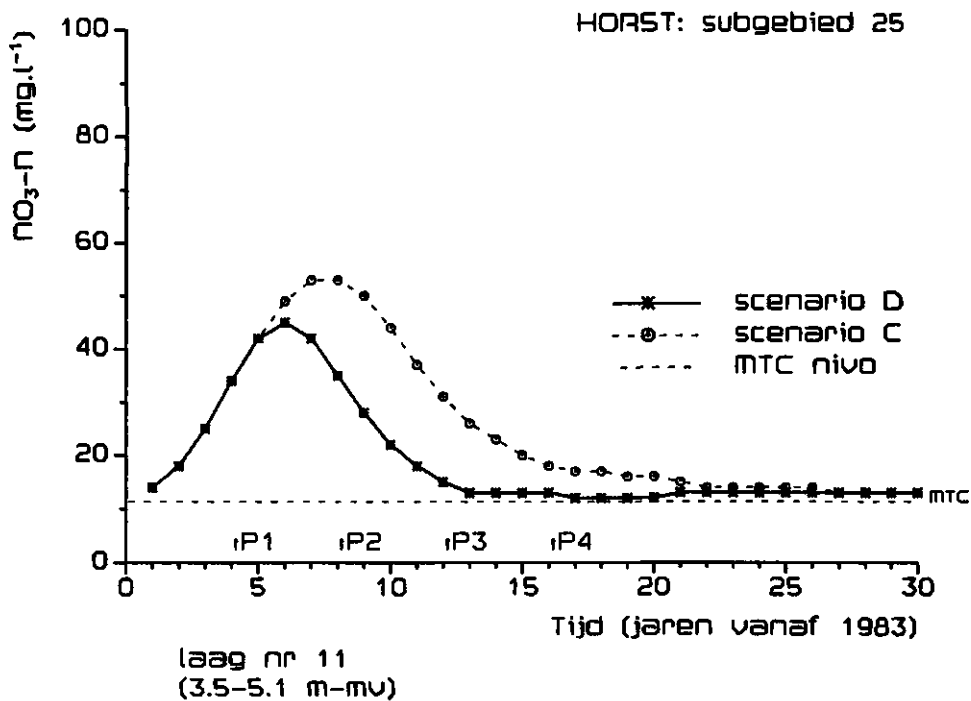


Fig. 36. Verloop van het nitraatgehalte in de tijd op 3.5 - 5.1 m-mv als gemiddelde van subgebied 25 voor de scenario's C en D. De tijdstippen van introductie van de bemesting volgens de gefaseerde P-normen zijn met pijlen aangegeven. In scenario D is P4 ingegaan in 1987. MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

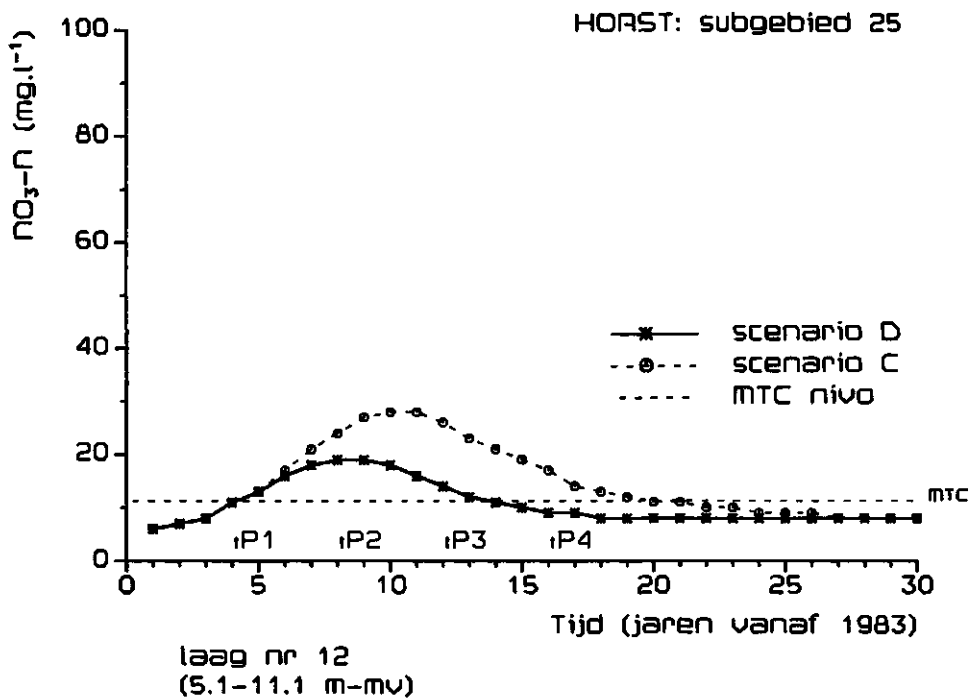


Fig. 37. Verloop van het nitraatgehalte in de tijd op 5.1 - 11.1 m-mv als gemiddelde van subgebied 25 voor de scenario's C en D. De tijdstippen van introductie van de bemesting volgens de gefaseerde P-normen zijn met pijlen aangegeven. In scenario D is P4 ingegaan in 1987. MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

5.7. Scenario E (uitrijverbod)

Scenario E houdt in: bemesting en hydrologie gelijk aan A tot 2013, maar vanaf 1987 een uitrijverbod in het najaar.

Scenario E is toegevoegd voor het bestuderen van het effect van het opleggen van een uitrijverbod in het najaar. Dit scenario verschilt t.o.v. scenario A alleen in het feit dat bij E alleen in het voorjaar mag worden bemest tot het niveau volgens tabel 6, waarbij een overdosering op mais in het voorjaar is toegestaan. Omdat alleen in het voorjaar mag worden uitgereden is de mestgift in scenario E lager dan in A, omdat de organische stikstof nu effectiever wordt benut.

In de figuren 38 en 39 is het verloop gegeven van het nitraatgehalte in het bovenste grondwater van de subgebieden 6 en 22 voor de scenario's A, B en E. Uit het verloop van de gehalten blijkt dat een uitrijverbod alleen leidt tot een geringe vermindering van de nitraatbelasting, vooral als dit wordt vergeleken met het effect van de invoer van een gefaseerde beperking in de bemesting, incl. een uitrijverbod (scenario B).

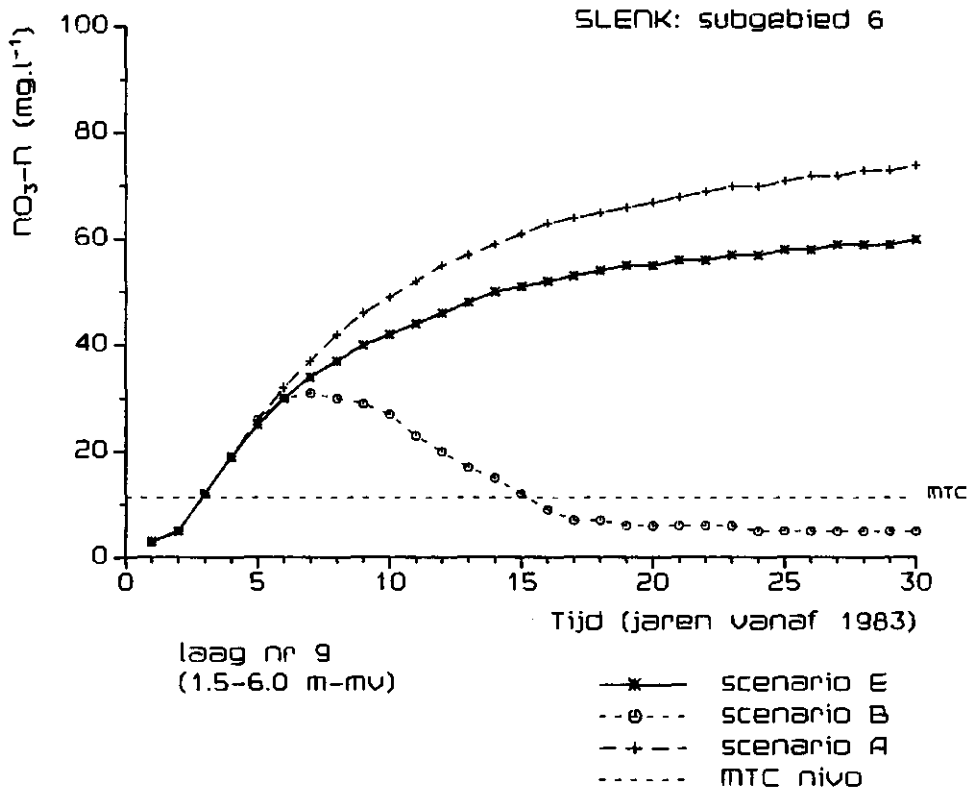


Fig. 38. Verloop van het nitraatgehalte in de tijd op 1.5 - 6.0 m-mv als gemiddelde van subgebied 6 voor de scenario's A, B en E. MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

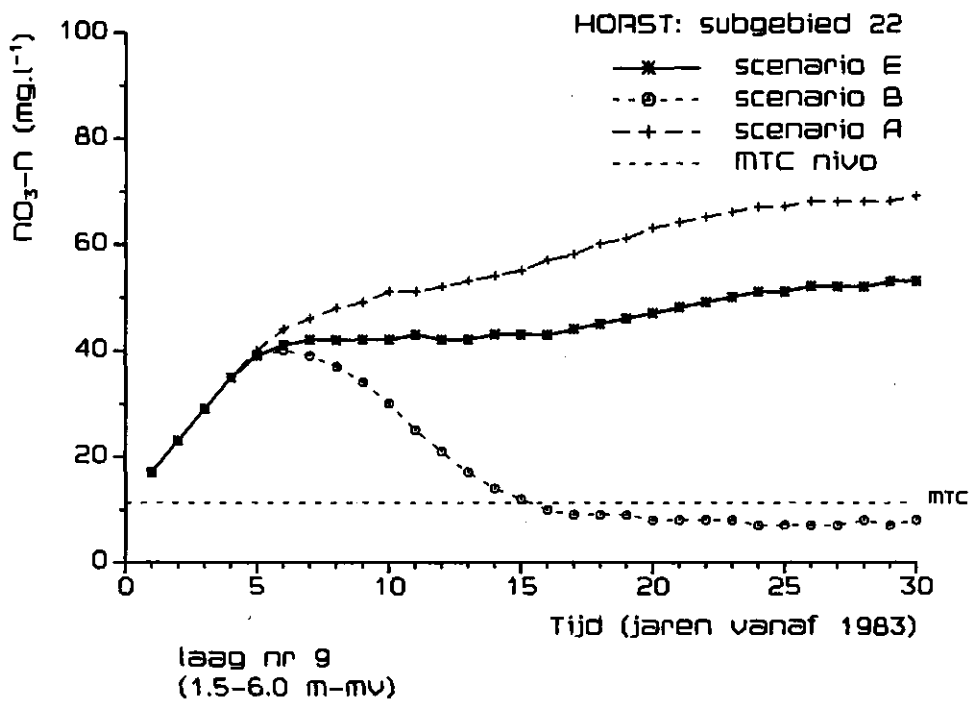


Fig. 39. Verloop van het nitraatgehalte in de tijd op 1.5 - 6.0 m-mv als gemiddelde van subgebied 22 voor de scenario's A, B en E. MTC = maximaal toelaatbare concentratie volgens EG-norm.

5.8. Belasting oppervlaktewater

Het model ANIMO berekent N-vrachten die naar verschillende ontwateringsmiddelen worden afgevoerd. In fig. 40 zijn de resultaten weergegeven van de berekende N-vrachten voor de scenario's A en B. De N-vrachten in deze figuur bestaan uit de op jaarbasis gesommeerde $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$ afvoeren naar de ontwateringsmiddelen. De lage N-afvoer naar het oppervlaktewater wordt veroorzaakt door de lange verblijftijd die het grondwater nodig heeft om de ontwateringsmiddelen te bereiken. Dit heeft tot gevolg dat door denitrificatie in de verzadigde zone veel nitraat verdwijnt. Veldwaarnemingen wijzen in dezelfde richting (Steenvoorden, Van Doorne en Van Heesen, 1987). De hogere N-belastingen op de Horst zijn voornamelijk een gevolg van de kortere verblijftijden, vergelijk de toelichting bij scenario B in paragraaf 5.4.

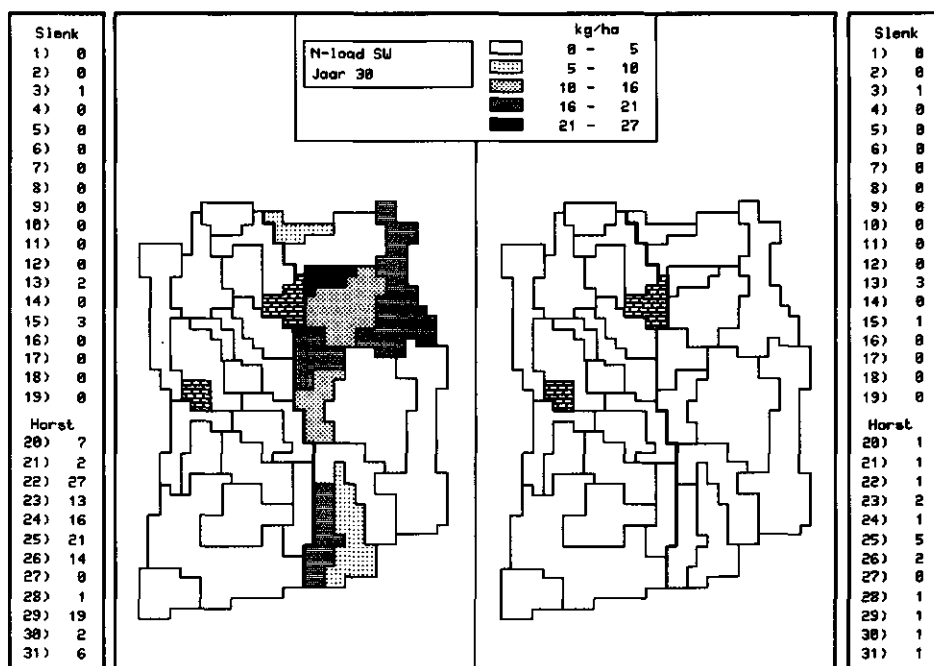


Fig. 40. N-vrachten naar het oppervlaktewater per subgebied na respectievelijk 30 jaar bemestingsniveau 1982 (scenario A) en 30 jaar bemesting volgens de gefaseerde P-norm (scenario B).

links:

- scenario A
- 1 februari 2013

rechts:

- scenario B
- 1 februari 2013

LITERATUUR

- BLOEMEN, G.W., 1982. Bodemfysische interpretatie van de bodemkundige gegevens van het Zuidelijk Peelgebied, nota 1374, ICW, Wageningen. 26 pp.
- BUYSMAN, E., H. MAAS en W. ASMAN. 1984. Een gedetailleerde ammoniakemissiekaart van Nederland. Rapport V-84-20. Instituut voor Meteorologie en Oceanografie. Rijksuniversiteit Utrecht. 124 pp.
- HEMERT, A.K. VAN, REINDS, H.G., 1986. Ontwikkeling van het grondgebruik en de veehouderij in het Zuidelijk Peelgebied, nota 1667, ICW, Wageningen. 15 pp.
- HOEKS, J. 1983. Verzuring van bodem en grondwater als gevolg van atmosferische depositie. Nota 1480 ICW, Wageningen. 27 pp.
- JENKINSON, D.S. and J.H.RAYNER. 1977. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. Soil Science. vol. 123, no 5, 298 - 305.
- KROES, J.G., 1987. ANIMO (Agricultural Nitrogen MOdel), User's Guide, nota 1848, ICW, Wageningen. 36 pp.
- LAMMERS, H.W. 1983. Gevolgen van het gebruik van organische stof op bouwland. Consultantschap voor bodemaangelegenheden in de landbouw, Wageningen. 44 pp.
- LAMMERS, H.W. 1984. De relatie tussen de rundveebezetting per ha grasland, de mestproductie en de gevolgen van het gebruik van deze mest. Consultantschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw, Wageningen. 42 pp.
- QUERNER, E.P. and BAKEL, P.J.T. VAN, 1984. Description of second level water quantity model, including results, nota 1586, ICW, Wageningen. 41 pp.
- QUERNER, E.P., 1986. Users manual for groundwater model SIMGRO (FEMSATP), nota 1745, ICW, Wageningen.
- POMPER, A.B., 1983. Hydrochemisch onderzoek in het Zuidelijk Peelgebied I: Een beschrijving van de eerste resultaten van het meetprogramma in het voorjaar van 1982, nota 1368, ICW, Wageningen. 32 pp.
- REINDS, H.G., 1985. The farm technologies in the Southern Peel, nota 1653, ICW, Wageningen. 24 pp.
- RUIKEN, M.J., STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1986. Organische stofgehalten in de ondergrond van het Zuidelijk Peelgebied, nota 1709, ICW, Wageningen. 8 pp.
- SMIDT, E.H., 1983. Explanation to the map of the subregions in the Southern Peel Area, nota 1420 part II, ICW, Wageningen. 5 pp.
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., DOORNE, W.VAN, HEESSEN, A.M.H.VAN, 1987. Bijdrage vanuit de landbouw aan de stikstof-, fosfaat- en chloridebelasting van het oppervlaktewater in zes afwateringsgebieden in de Zuidelijke Peel (periode oktober 1981 - oktober 1983), nota 1785, ICW, Wageningen. 37 pp.
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1987. Nitraatgehalten in grond- en oppervlaktewater van een intensief rundveehouderijbedrijf in relatie tot de hydrologische situatie. nota 1799, ICW, Wageningen. 24 pp.
- SWLT, 1980. Aanvullende watervoorziening van de land- en tuinbouw. rapport van de Studiecommissie Waterbehoefte Land- en Tuinbouw, Den Haag/Utrecht. 182 pp.
- VELLINGA, E.VAN en BROERTJES J.P., 1984. Enige resultaten van een geohydrologisch onderzoek in het Zuidelijk Peelgebied, nota 1590, ICW, Wageningen. 17 pp.

- VOORLOPIGE TECHNISCHE COMMISSIE BODEMBESCHERMING, 1986. Advies besluit gebruik dierlijke meststoffen, Leidschendam. 5 pp.
- WALSUM, P.E.V. VAN, 1986. Interactive Comparative Display System, nota 1735, ICW, Wageningen. 44 pp.
- WALSUM, P.E.V. VAN, 1988. Optimization of regional watermanagement simplified models. Report in preparation, ICW, Wageningen.
- WERKGROEP OPTIMALISERING REGIONAAL WATERBEHEER, 1987. Optimalisering regionaal waterbeheer in gebieden met tegengestelde belangen, rapport nr ... in voorbereiding, ICW, Wageningen.
- WIT, K.E., 1986. Hydrologisch onderzoek in het Zuidelijk Peelgebied, nota 1691, ICW, Wageningen. 43 pp.

NB. In verband met een variërende dikte van het afdekkend pakket in de Horst (lagen 8 t/m 11) is de laagindeling in de Horst minder regelmatig van dikte dan in de Slenk. In de modelberekeningen is deze laagindeling toegepast. Bij de presentatie van de resultaten is in de Horst een 'laag 9' gehanteerd op de diepte 1.5 - 6.0 m-mv terwille van een vergelijkingsbasis met de Slenk.

subge- bied nr	onderkant laag in m-maaiveld													
	laag nr 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0.10	0.20	0.30	0.50	0.65	0.80	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	34.00	44.00	75.00
2	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	45.00	67.00	75.00
3	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	41.00	59.00	75.00
4	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	41.00	60.00	75.00
5	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	41.00	60.00	75.00
6	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	37.00	50.00	75.00
7	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	41.00	59.00	75.00
8	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	40.00	60.00	75.00
9	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	43.00	66.00	75.00
10	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	41.00	59.00	75.00
11	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	45.00	67.00	75.00
12	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	40.00	57.00	75.00
13	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	45.00	70.00	75.00
14	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	37.00	50.00	75.00
15	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	45.00	70.00	75.00
16	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	39.00	56.00	75.00
17	0.10	0.20	0.30	0.50	0.65	0.80	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	34.00	46.00	75.00
18	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	45.00	72.00	75.00
19	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.80	1.00	1.50	6.00	15.00	25.00	25.50	26.00	75.00
20	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.80	1.00	1.80	3.00	5.00	7.25	11.25	16.25	27.25
21	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	1.70	3.00	4.50	7.00	15.00	26.00	27.00
22	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.70	3.00	4.50	7.00	10.00	15.00	27.00
23	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	2.00	4.00	6.00	8.60	16.60	27.60	28.60
24	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	2.00	4.00	7.00	10.60	17.60	28.60	30.60
25	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.70	2.50	3.50	5.10	11.10	20.10	25.10
26	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	2.00	3.50	5.20	7.20	13.20	23.20	27.20
27	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	1.00	2.00	4.00	7.00	12.00	20.00	30.00	32.00
28	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	2.00	5.00	8.30	12.30	20.30	31.30	32.30
29	0.10	0.20	0.30	0.50	0.65	0.80	1.00	1.50	2.50	3.70	5.10	11.10	20.10	25.10
30	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	2.00	4.00	6.30	9.00	17.00	27.00	29.00
31	0.10	0.20	0.30	0.35	0.40	0.60	1.00	1.80	3.00	4.40	5.90	13.90	23.90	25.90

N-GIFTEN PER SUBGEBIED				BEMESTINGSDATA: P2-NORM			
sub- gebied nr	N-giften			kg N per ha subgebied	kg N per ha subgebied	kg N per ha subgebied	kg N per ha subgebied
	kunstmest	org mest	totaal				
	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha
1	134	242	375	245	325	776	
2	271	367	637	216	336	752	
3	196	250	446	285	293	732	
4	75	129	204	286	327	764	
5	56	94	150	245	334	791	
6	219	319	539	114	325	715	
7	81	168	249	213	330	621	
8	296	353	648	112	328	777	
9	116	198	314	312	329	790	
10	0	0	0	0	0	0	
11	201	284	485	224	305	739	
12	175	206	381	213	300	784	
13	270	341	611	346	314	763	
14	169	275	444	256	319	744	
15	289	371	660	236	294	758	
16	0	0	0	0	0	0	
17	130	208	338	269	329	767	
18	241	360	601	260	365	747	
19	130	232	362	262	308	748	
20	117	198	315	206	328	755	
21	222	306	528	256	328	744	
22	124	198	322	311	321	787	
23	245	329	574	244	328	791	
24	168	223	390	212	331	697	
25	202	300	502	205	325	757	
26	274	350	624	280	322	779	
27	0	0	0	0	0	0	
28	202	267	469	249	301	720	
29	98	142	240	344	378	690	
30	140	230	370	261	348	729	
31	171	237	408	277	292	741	
gemidd	160	230	390	252	327	746	
totaal	5713280	8212840	13926120	1053360	2152968	10715544	

N-GIFTEN PER SUBGEBIED				BEMESTINGSDATA: P1-NORM			
sub- gebied nr	N-giften			kg N per ha subgebied	kg N per ha subgebied	kg N per ha subgebied	kg N per ha subgebied
	kunstmest	org mest	totaal				
	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha	kg N per ha
1	127	306	433	245	457	777	
2	263	424	687	214	653	749	
3	197	248	445	285	288	750	
4	74	149	223	289	439	763	
5	54	116	170	243	501	788	
6	210	395	604	114	562	714	
7	80	217	297	213	500	616	
8	273	390	663	112	419	781	
9	112	245	356	316	464	789	
10	0	0	0	0	0	0	
11	195	337	532	224	527	736	
12	176	204	379	210	285	786	
13	263	378	641	352	520	761	
14	166	335	501	257	491	740	
15	278	426	704	242	627	755	
16	0	0	0	0	0	0	
17	128	261	389	268	553	763	
18	241	419	659	260	656	740	
19	130	282	412	261	455	742	
20	112	244	356	207	495	750	
21	216	361	576	256	631	741	
22	120	253	373	313	526	782	
23	233	385	617	249	531	791	
24	156	260	415	212	494	700	
25	187	384	571	205	519	759	
26	257	374	630	281	347	780	
27	0	0	0	0	0	0	
28	202	267	469	250	300	720	
29	98	170	268	346	542	686	
30	140	275	415	261	527	722	
31	169	265	434	280	446	734	
gemidd	156	265	421	253	500	744	
totaal	5594784	9462620	15033068	1057540	3292000	10686816	

N-GIFTEN PER SUBGEBIED BEMESTINGSDATA: P4-NORM

sub- gebied nr	N-giften				maïs grasland grondgebruik
	kunstmest kg N per ha	org kg N per ha	subgebied totaal	bouwland kg N per ha	
1	223	123	345	238	271
2	372	241	613	217	295
3	268	166	433	300	286
4	120	70	190	279	737
5	87	51	139	229	279
6	308	209	516	110	285
7	135	94	229	198	273
8	294	233	527	117	296
9	186	105	290	306	275
10	0	0	0	0	0
11	285	183	468	216	286
12	228	143	371	232	295
13	370	220	590	343	737
14	280	158	419	251	276
15	367	245	613	288	296
16	0	0	0	0	0
17	200	116	316	253	275
18	350	216	565	253	283
19	212	117	329	246	244
20	177	117	294	192	279
21	307	199	506	238	294
22	191	111	302	303	277
23	339	212	551	236	295
24	220	157	377	203	288
25	232	183	476	198	280
26	362	232	594	290	296
27	0	0	0	0	0
28	277	177	454	244	286
29	142	75	216	329	276
30	217	125	341	265	264
31	247	145	392	271	271
Gemidd.	227	142	369	245	280
totaal	8105716	5070536	13176252	1024100	1843320

N-GIFTEN PER SUBGEBIED BEMESTINGSDATA: P3-NORM

sub- gebied nr	N-giften				maïs grasland grondgebruik
	kunstmest kg N per ha	org kg N per ha	subgebied totaal	bouwland kg N per ha	
1	159	199	359	245	289
2	298	329	627	219	293
3	209	236	445	309	289
4	88	109	197	285	291
5	64	80	144	246	292
6	246	280	526	111	290
7	96	141	237	207	293
8	320	320	641	112	289
9	137	164	301	313	291
10	0	0	0	0	0
11	227	252	479	220	288
12	184	195	379	231	293
13	296	307	604	346	290
14	198	234	432	231	292
15	319	336	654	236	281
16	0	0	0	0	0
17	149	178	327	268	289
18	272	310	582	254	295
19	163	180	343	263	267
20	135	168	303	204	289
21	245	274	518	253	289
22	144	168	312	307	289
23	271	292	563	243	289
24	184	198	382	209	289
25	229	258	487	204	289
26	301	313	615	274	291
27	0	0	0	0	0
28	218	248	466	255	289
29	109	115	224	338	292
30	170	180	351	256	288
31	210	188	398	276	280
Gemidd.	180	200	381	251	289
totaal	6427440	7161600	13604748	1049180	1902776

Grondwaterstand op 1 april en 1 oktober, geldend voor het meteorologische jaar 1-10-'77 tot 1-10-'78, bij de huidige en de fictieve onttrekkingen van grondwater.

Huidige: onttrekking grondwater voor drinkwaterwinning en berekening volgens de situatie in 1982.

Fictief: uitbreiding van de grondwaterwinning door in twee subgebieden pompstations te stationeren en door uitbreiding van de beregeningscapaciteit tot het tussenscenario van de SWLT-studie (SWLT, 1980).

subgebied nr	grondwaterstand in m - maaiveld			
	huidig		fictief	
	1 april	1 okt.	1 april	1 okt.
1	1.25	2.00	1.25	2.01
2	0.99	1.32	0.99	1.33
3	0.67	0.80	0.67	0.84
4	1.07	1.59	1.07	1.63
5	1.19	1.95	1.21	1.99
6	0.93	1.27	0.94	1.30
7	1.49	1.91	1.57	2.01
8	0.95	1.10	0.97	1.14
9	1.28	1.77	1.33	1.82
10	0.81	1.14	0.86	1.20
11	1.09	1.26	1.18	1.36
12	1.27	1.62	1.83	2.18
13	0.68	0.92	0.71	0.98
14	1.63	2.10	1.71	2.23
15	1.08	1.09	1.13	1.19
16	0.21	1.27	0.21	1.31
17	1.29	2.13	1.29	2.14
18	0.97	1.72	0.98	1.80
19	2.48	3.97	2.50	4.09
20	1.05	2.07	1.05	2.07
21	0.93	1.23	0.93	1.22
22	1.06	1.77	1.07	1.81
23	1.14	1.17	1.19	1.20
24	1.24	1.73	1.25	1.63
25	1.04	1.62	1.76	2.32
26	1.15	1.34	1.19	1.38
27	0.22	1.02	0.23	1.04
28	1.06	1.24	1.06	1.25
29	1.59	2.10	1.60	2.18
30	1.15	1.55	1.15	1.64
31	1.09	1.24	1.09	1.30

Wegzijing/kwel en berekening bij de huidige en de fictieve grondwateronttrekkingen (vergelijk bijlage 4). Wegzijing resp. kwel gegeven als flux van de afdeklaag naar het eerste watervoerende pakket.

subgebied nr	wegzijing (mm; negatief=kwel)				berekening (mm) in de zomer	
	huidig		fictief		huidig	fictief
	zomer	winter	zomer	winter		
1	72.	30.	75.	37.	43.	53.
2	-36.	-54.	-35.	-47.	16.	21.
3	-438.	-483.	-428.	-459.	7.	18.
4	51.	24.	53.	31.	31.	58.
5	147.	129.	150.	136.	73.	103.
6	14.	17.	24.	31.	59.	61.
7	183.	183.	195.	202.	137.	125.*
8	-92.	-79.	-79.	-60.	64.	64.
9	137.	108.	153.	135.	37.	75.
10	-24.	-53.	17.	-5.	0.	0.
11	-28.	11.	44.	90.	70.	100.
12	137.	95.	234.	247.	83.	160.
13	-215.	-253.	-180.	-212.	0.	0.
14	235.	274.	249.	316.	141.	173.
15	-227.	-151.	-133.	-20.	25.	70.
16	58.	35.	60.	41.	0.	0.
17	134.	113.	140.	130.	17.	60.
18	49.	-1.	55.	33.	8.	53.
19	158.	99.	161.	120.	9.	36.
20	95.	51.	95.	44.	65.	53.*
21	-101.	-83.	-100.	-83.	15.	18.
22	129.	124.	130.	144.	58.	94.
23	-69.	-1.	-53.	42.	44.	80.
24	106.	226.	105.	179.	195.	124.*
25	116.	162.	248.	344.	100.	180.
26	50.	91.	75.	125.	85.	107.
27	30.	22.	31.	25.	0.	0.
28	-2.	28.	-2.	38.	65.	81.
29	223.	244.	223.	265.	52.	82.
30	94.	116.	94.	143.	43.	77.
31	-7.	8.	-6.	42.	23.	71.
gemiddeld	34.	39.	48.	64.	55.	75.

* De keus van het SWLT-scenario voor berekening betekende dat alle subgebieden op de beregeningscapaciteit van dat scenario zijn gezet. Dit betekent dat subgebieden die in de huidige situatie reeds een hoge capaciteit hebben op een lagere uitkomen. Het gevolg is dat de desbetreffende subgebieden minder beregenen dan in de huidige situatie.

OVERZICHT VERSCHENEN RAPPORTEN

Nr	Auteur(s) + Titel	Prijs (Hfl)
1.	Spruk, J.B. en G.H. Horst. 1982. Onderzoek naar capaciteitsnormen voor diepploegen bulldozers en hydraulische graafmachines.	15,-
2.	Nieuwenhuis, G.J.A. en C.L. Palland. 1982. Verdamping van een aardappelgewas en de meting daarvan via remote sensing	10,-
3.	Hoeks, J. en G.J. Agelink. 1982. Onderzoek naar mogelijkheden om de infiltratie van regenwater in een afvalstort te verminderen.	5,-
4.	Alderwegen, H.A. van. 1982. Planning van openluchtrecreatievoorzieningen bij voorbereiding van landinrichtingsprojecten	*
5.	Rijtema, P.E. et al. 1982. Bemesting, waterhuishouding, perceelscheidingen en landbouw. Commentaar op een RIN-rapport.	5,-
6.	Harmsen, J. en H. van Drumpt. 1982. Conservering van watermonsters.	5,-
7.	Ernst, L.F. 1983. Wegzijing en kwel; de grondwaterstroming van hogere naar lagere gebieden.	7,50
8.	Steenvoorden, J.H.A.M. en M.J. de Heus. 1984. Fosfaatbalansstudies en de bijdrage van diffuse bronnen.	7,50
9.	Wijk, A.L.M. van. 1984. Landbouwkundige aspecten van ontwatering in veenweidegebieden. Commentaar op een literatuuranalyse.	5,-
10.	Beuving, J. 1984. Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel, klei- en veengronden.	7,50
11.	Weerd, B. van der en L.F. Ernst. 1984. Een prognose van het effect van een peilverhoging in het Philippinekanaal (Zeeland) op de grondwaterstand in de aangrenzende polders.	7,50
12.	Werkgroep nitraatuitspoeling in waterwingebieden. 1985. Nitraatproblematiek bij grondwaterwinning in Nederland. Onderzoek naar alternatieve maatregelen.	12,50
13.	Wilde, J.G.S. de. 1984. Dammen van riet, heide of boomschors als perceelverbinding in veenweidegebieden.	10,-
14.	Kemmers, R.H. en P.C. Jansen. 1985. Stikstofmineralisatie in onbemeste half-natuurlijke graslanden.	7,50
15.	Bakel, P.J.T. van. 1985. Effecten van peilbeheer in het gebied 'De Monden' (Drenthe).	15,-
16.	Wilde, J.G.S. de. 1985. Rekenmodel en produktienormen voor grondtransport met getrokken en zelfrijdende dumpers.	10,-
17.	Projectteam Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland. 1985. Onderzoek naar de mogelijkheden van operationele toepassing van remote sensing technieken in de landbouw en het natuurbeheer. Eindrapport.	12,50
18.	Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving. 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks.	10,-

Nr	Auteur(s) + Titel	Prijs (Hfl)
19.	Rijtema, P.E., C.W.J. Roest en J. Pankow. 1986. Onderzoek naar de waterbalans van vuilstortplaatsen.	20,-
20.	Bakker, J.W., F.R. Boone en P. Boekel. 1987. Diffusie van gassen in grond en zuurstofdiffusiecoëfficiënten in Nederlandse akkerbouwgronden	15,-
21.	Hoeks, J., A.H. Ryhiner en J. van Dommelen. 1987. Onderzoek naar de praktische uitvoerbaarheid van bovenafdichting op afvalstortterreinen.	25,-
22.	Bronswijk, J.J.B. en J.J. Evers-Vermeer. 1987. Krimpkarakteristieken van kleigronden in Nederland.	12,50
23.	Adriaanse, P.I. 1987. Hydrologische veranderingen in natuurgebieden: Overzicht van benodigde gegevens, analysemethoden en modellen.	12,50
24.	Bruin, A.H. de, A. van Hoorn en C.F. Jaarsma. 1988. Ontwikkeling van een methode ter bepaling van het gebruik van openluchtrecreatie-projecten.	30,-
25.	Bogaard, E.A.J.M. van den en J. Hoeks. 1988. Milieu-effecten en milieutechnische maatregelen betreffende de stortplaats Linne/Montfort	25,-
26.	Drent, J., J.G. Kroes en P.E. Rijtema. 1988. Nitraatbelasting van het grondwater in het zuidoosten van Noord-Brabant.	20,-

***Uitverkocht**

De RAPPORTEN zijn te bestellen door storting van het verschuldigde bedrag op giro 817672 t.n.v. ICW, Wageningen, onder vermelding van de gewenste publicatie en het aantal exemplaren. Toezending geschiedt na ontvangst van het bedrag.