



Telen met toekomst Annemieke Smit, Kor Zwart & Jan van Kleef

Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik

De grondwaterkwaliteit gemeten

Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik

De grondwaterkwaliteit gemeten van 2001 tot 2004

Annemieke Smit, Kor Zwart & Jan van Kleef



Telen met toekomst

Colofon

Uitgever:

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info@plant.wag-ur.nl
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

© 2004 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Telen met toekomst is een van de landelijke onderzoeksprojecten die uitgevoerd worden in het kader van het Actieplan Nitraatprojecten (2000-2003). Het project wordt gefinancierd door de Ministeries van LNV en van VROM.

In 'Telen met toekomst' werken agrarische ondernemers samen met Wageningen UR (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Plant Research International B.V.) en DLV Adviesgroep nv aan duurzame bedrijfssystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bloembollen en boomteelt.

Informatie over Telen met toekomst

DLV Adviesgroep nv
Telefoon: (0317) 49 16 12
Fax: (0317) 46 04 00
Postbus 7001, 6700 CA WAGENINGEN
E-mail: info@telenmettoekomst.nl
Internet: www.telenmettoekomst.nl

Inhoudsopgave

	Pagina
Woord vooraf	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
2. Methodebeschrijving	7
2.1 Bemesting en teeltmaatregelen in Analyse en Synthese	7
2.2 Statistische onderbouwing van bemonsteringstrategie	8
2.3 Perceelskeuze en locatie van de meetpunten	9
2.4 Grondwaterbuizen en macro-rhizons	11
2.5 Meetmomenten	11
2.6 Grondwaterstanden Vredepeel	12
2.7 Bemonsteringsmethode	13
2.8 Analysemethoden	14
2.9 Statistische analyse en berekeningsmethode voor uitspoeling	14
3. Resultaten	15
3.1 Bodemvocht Meterik	15
3.1.1 Temporele variatie in nitraatconcentraties	15
3.1.2 Gemiddelde nitraatconcentraties per systeem	17
3.1.3 Fosfaat in het bodemvocht	19
3.2 Grondwater en bodemvocht Vredepeel	19
3.2.1 Bodemvocht	19
3.2.2 Temporele variatie in nitraatconcentraties in grondwater	20
3.2.3 Fosfaat in het grondwater	23
3.2.4 Ruimtelijke weergave van grondwaterkwaliteit (nitraat)	23
3.2.5 Effect van teelt en teeltmaatregelen op de grondwaterkwaliteit	26
3.2.6 Invloed van het Peelkanaal	28
4. Conclusie	31
Literatuur	33
Bijlage I. Regressievergelijkingen voor nitraatconcentraties	1 p.
Reeds verschenen externe rapporten Telen met toekomst	

Woord vooraf

In het project 'Telen met toekomst' moet op de kernbedrijven de uitspoeling van stikstof en fosfaat op korte termijn worden teruggebracht naar een niveau dat twee keer zo laag is als de EU-norm voor nitraat voorschrijft en naar de nationale norm voor fosfaat.

Daartoe zijn er op de kernbedrijven teeltsystemen in ontwikkeling, die hier voor moeten zorgen. Op twee van de kernbedrijven, Vredepeel voor akkerbouw en Meterik voor de vollegrondsgroenteteelt, verricht Alterra op uitgebreide schaal metingen om te onderzoeken of de getroffen maatregelen ook het gewenste resultaat opleveren. Bovendien wordt onderzocht welke processen verantwoordelijk zijn voor de verliezen. Resultaten hiervan zijn gepresenteerd in eerdere (Alterra) rapporten uit deze Telen met toekomst-serie.

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van metingen aan grondwater en bodemvocht. Aan de hand van de meetgegevens worden uitspraken gedaan over het effect van maatregelen en de invloed van bepaalde gewassen op de kwaliteit van het grondwater.

Gerbert Kets, Wobbe Schuurmans en Bert van der Boom hebben de watermonsters geanalyseerd. Jan Willem van Groenigen heeft de geostatistische analyses gedaan en daarvan waterkwaliteitskaartjes gemaakt. Hiervoor onze dank.

Dit rapport is voor een groot deel een kopie van het eerder verschenen rapport: Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik; De grondwaterkwaliteit gemeten, Telen met toekomst-rapport 0V0403. We hebben de meetgegevens en eventueel afwijkende methoden van het meetseizoen 2003-2004 toegevoegd aan de oorspronkelijke tekst. Hierdoor is het u nu een zelfstandig leesbaar document, waarin alle door Alterra uitgevoerde metingen aan grondwaterkwaliteit zijn weergegeven.

Samenvatting

In opdracht van Plant Research International is op twee kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project Telen met toekomst de kwaliteit van bodemvocht en grondwater onderzocht. Met kwaliteit wordt hier het nitraat- en fosfaatgehalte bedoeld. Voor beide nutriënten is een norm (50 mg NO₃⁻ per liter en 0,4 mg P per liter) en een streefwaarde (de helft van de norm) voor het grondwater vastgesteld. De gemeten fosfaatgehalten in grondwater en bodemvocht zijn vrijwel altijd lager dan de streefwaarde. Voor nitraat geldt dat niet. Op de kernbedrijven zijn verschillende bedrijfssystemen aangelegd met betrekking tot de nutriëntendoelstellingen. In de Synthese bedrijfssystemen, die nauw aansluiten bij de gangbare bedrijfstvorm, wordt vrijwel nooit de norm gehaald. In de Analyse systemen, waar stringenter maatregelen werden gehanteerd, zijn de nitraatgehalten op beide bedrijven meestal gelijk aan de norm. De getroffen maatregelen hebben een verlagend effect op de nitraatconcentraties. Vooral bij teelten waar een groenbemester volgt op het hoofdgewas kunnen de verschillen tussen Synthese- en Analysepercelen aanzienlijk zijn.

Op Vredepeel blijkt dat de nabijheid van het Peelkanaal in enkele percelen invloed kan hebben op de nitraatconcentraties. Over het geheel genomen blijkt echter dat het effect van het bedrijfssysteem (Synthese of Analyse) vele malen groter is dan het effect van het kanaal.

Door middel van gerichte teeltmaatregelen is het dus mogelijk om op intensieve akker- en groentebedrijven de EU-norm voor nitraat te behalen.

Dit rapport is voor een groot deel een kopie van het eerder verschenen rapport: Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik; De grondwaterkwaliteit gemeten, Telen met toekomst-rapport 0V0403. We hebben de meetgegevens en eventueel afwijkende methoden van het meetseizoen 2003-2004 toegevoegd aan de oorspronkelijke tekst. Hierdoor is het u nu een zelfstandig leesbaar document, waarin alle door Alterra uitgevoerde metingen aan grondwaterkwaliteit zijn weergegeven.

1. Inleiding

Het project Telen met toekomst (Tmt) is opgezet om de stikstof en fosfaatverliezen uit de Nederlandse akker-, tuinbouw, bloembollen- en boomteeltbedrijven terug te dringen, zodat kan worden voldaan aan de milieunormen voor deze nutriënten. In Tmt wordt op bedrijfssysteemniveau onderzocht met welke strategieën de streefwaarden voor grond- en oppervlaktewater kunnen worden bereikt, voor zowel de praktijk (voorloperbedrijven) als experimenteel (kernbedrijven). Alterra doet onderzoek naar stikstofstromen op een tweetal kernbedrijven: Meterik (vollegrondsgroente) en Vredepeel (akkerbouw).

De kwaliteit van het grondwater is een resultante van vele gebeurtenissen, die in de bovengrond plaatsvinden. De N, die in de vorm van bemesting wordt aangevoerd en niet (direct) door het gewas wordt opgenomen of in de bodem wordt geïmmobiliseerd, kan in principe uitspoelen. Dit geldt ook voor de stikstof die gedurende het jaar door mineralisatie vrijkomt. Behalve de aanwezigheid van stikstof is ook een voldoende neerslagoverschot nodig om werkelijk tot uitspoeling te komen. De hoeveelheid neerslagoverschot bepaalt tevens het gehalte aan opgeloste stoffen. De aanvoer van N en de mineralisatie zijn het grootst gedurende het groeiseizoen. In deze periode is het neerslagoverschot meestal negatief, maar een korte hevige neerslagperiode kan zelfs in de zomer tot uitspoeling leiden. De belangrijkste periode voor uitspoeling is het najaar en de winter. De op dat moment in de bodem aanwezige minerale N en de stikstof die nog uit bodemorganische stof en gewasresten mineraliseert wordt niet meer door een gewas opgenomen en kan uitspoelen. Het is mogelijk dat er in de bodem en in het grondwater nog denitrificatie optreedt waardoor de nitraatconcentraties wat lager worden. In het rapport van Zwart, Smit & Rappoldt (2002) is echter aangetoond dat in Vredepeel en Meterik de denitrificatie waarschijnlijk zeer klein is.

De processen, die samen resulteren in de uitspoeling van fosfaat zijn nog complexer. Hierbij gaat het niet alleen om de hoeveelheid fosfaat in de bovengrond, dat zou kunnen uitspoelen, maar ook om de capaciteit van de bodem om fosfaat onder de bouwvoor vast te houden. Dit vermogen tot het, tijdelijk, binden van fosfaat is weer afhankelijk van een aantal bodemfactoren als organisch stofgehalte, ijzer- en aluminiumgehalte en de diepte van het grondwater.

Uitspoeling is dus geen constant proces en het valt te verwachten dat de kwaliteit van het grondwater gedurende het jaar varieert. Dat zou ook betekenen dat de kwaliteit varieert met de diepte. Voor de grondwaterkwaliteitsnormen (50 mg NO_3^- per liter en 0,4 mg P per liter) is echter geen periode of diepte gespecificeerd. Het is niet duidelijk of het - bovenste - grondwater altijd, soms of gemiddeld aan de norm moet voldoen. In het projectplan van Alterra (Zwart & Smit, 2002) is gesteld dat de normen voor N en P altijd gehaald moet worden en dat al het grondwater in Vredepeel tot een diepte van 2 meter onder maaiveld wordt gemeten. In Meterik, waar het grondwater op meer dan 2 m staat, is het bemonsteren van grondwater tijdrovend en kostbaar. Daarom wordt op Meterik de kwaliteit van het bodemvocht op 1 meter diepte indicatief geacht voor de kwaliteit van het bovenste grondwater.

2. Methodebeschrijving

Het onderzoek naar de kwaliteit van het grondwater werd in Vredepeel en Meterik uitgevoerd. In Vredepeel zijn drie systemen aangelegd. Een Synthesesysteem, dat aansluit bij de praktijk, een Analyse-2 systeem, waar alles erop gericht is milieudoelstellingen te halen (desnoods ten koste van het economische resultaat) en een Analyse-1 systeem, dat een tussenpositie inneemt. In Meterik is geen Analyse-1 systeem aangelegd. Voor dit onderzoek naar de grondwaterkwaliteit hebben we alleen gemeten in de twee extreme situaties, Synthese en Analyse-2 (verder aangeduid als Analyse).

In Vredepeel is de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) 0.8 tot 1 m onder maaiveld (-mv). Het grondwater kan dus redelijk eenvoudig bemonsterd en geanalyseerd worden. Naast grondwaterbuizen hebben we hier op 50 cm -mv ook nog poreuze cups geplaatst. In Meterik staat het grondwater veel dieper; 2 tot 3 m -mv. Hier is het bemonsteren van het grondwater technisch veel ingewikkelder en daarnaast zal het moeilijker zijn om vast te stellen of het bemonsterde grondwater werkelijk van het bovenliggende, kleine (15 x 45 m) perceel komt. Daarom hebben we ervoor gekozen niet het grondwater, maar het bodemvocht te bemonsteren op 1 meter -maaiveld.

2.1 Bemesting en teeltmaatregelen in Analyse en Synthese

In Meterik en Vredepeel is op de Analysepercelen geen dierlijke mest gebruikt. Daarnaast zijn op de Analysepercelen waar mogelijk groenbemesters geteeld en zijn gewasresten, als dat mogelijk was, verwijderd. Daarnaast waren de giften op de Analysepercelen lager dan die op de Synthesepercelen (Tabel 1).

Tabel 1. N-aanvoer in Synthese- en Analysepercelen op Vredepeel (gemiddeld 2001-2003).

	Synthese		Analyse	
	Totale N-input (kg/ha)	Organisch N (kg/ha)	Totale N-input (kg/ha)	% (in Analyse) t.o.v. Synthese
aardappel laat	260	152	190	73
aardappel vroeg	222	140	169	76
suikerbiet laat	224	152	153	68
suikerbiet vroeg	223	152	157	70
triticale	140	0		
zomer gerst	70	0	66	94
maïs	238	195	127	53
waspeen	148	105	85	58
erwt	53	0	40	74
stamslaboon	67	0		

Ondanks de lagere giften was de droge stof productie in het Analysesysteem niet lager en door de teelt van groenbemesters was de N-opname veelal hoger dan in het Synthesesysteem (Tabel 2).

Tabel 2. Droge stof productie, N-opname en afvoer in Synthese (S) en Analyse (A) voor alle gewassen in Vredepeel (gemiddeld 2001-2003).

Gewas	Droge stof productie in stof		Totale N opname		Verwijderde N bij oogst		N opname door groenbemester	N verwijderd bij oogst groenbemester (2003)
	S	A	S	A	S	A	A	A
waspeen	4925	5490	155	144	65	72	-	-
granen	5743	4742	130	95	118	87	43	0
erwt	1487	1523	221	230	59	62	130	121
erwt + stamslaboon	2289		285		85			
maïs	17277	17275	229	202	229	202	19	0
vroege aardappel	8724	8666	227	211	153	152	73	69
late aardappel	13240	12419	229	190	181	176	-	-
vroege suikerbiet	13533	13164	201	209	102	88	-	-
late suikerbiet	16655	15918	212	202	106	92	?	0
systeemgemiddelde			208	185	130	117	33	32

De systemen in Meterik waren veel complexer en veranderden gedurende de looptijd van het project te veel om in vergelijkbare tabellen op te nemen.

2.2 Statistische onderbouwing van bemonsteringstrategie

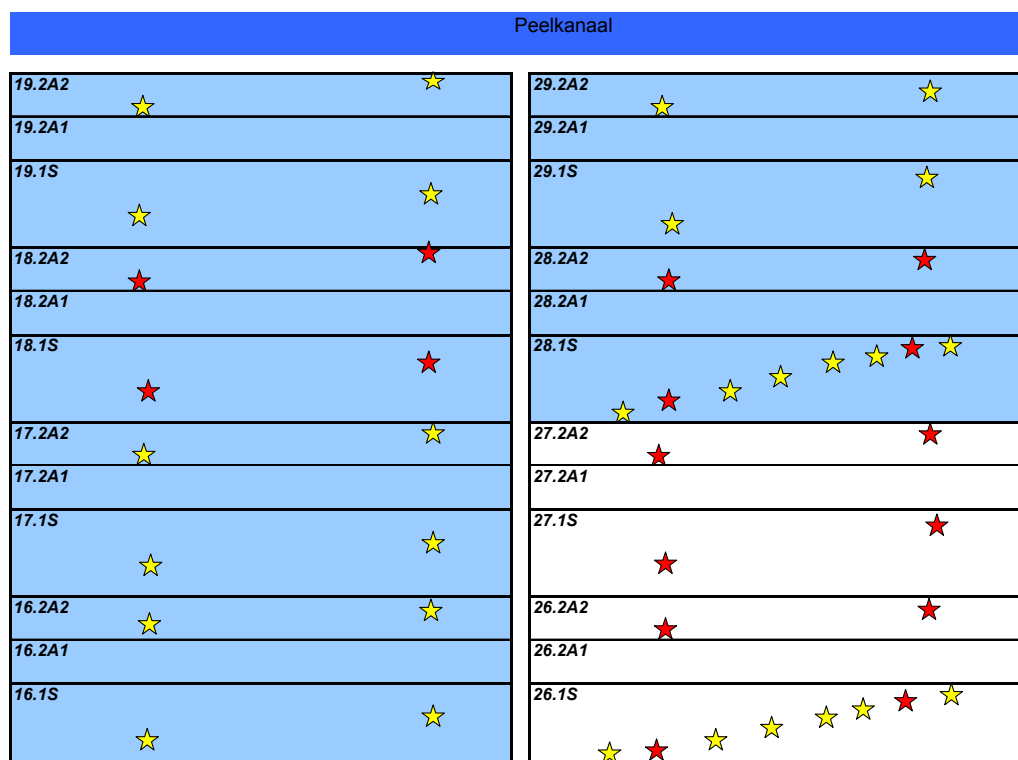
De kwaliteit van het grondwater kan in de tijd en ruimte behoorlijk variëren. Om die reden is een intensieve bemonstering gewenst, maar omwille van het onderzoeksbudget moest een afweging worden gemaakt tussen de nauwkeurigheid van de meetresultaten en de kosten van dit soort metingen. Op basis van een advies van het centrum voor Biometrie van Plant Research International (PRI) is al bij de voorstudie (Zwart & Smit, 2002) bepaald hoeveel monsters nodig zijn om een voldoende betrouwbare uitspraak over de grondwaterkwaliteit te doen. In overleg met PRI is besloten dat de milieueffecten van de teelmaatregelen getoetst moeten worden tegen een vaste norm: de streefwaarde voor nitraat en fosfaat. Het voordeel van die keuze is dat een streefwaarde geen variatie kent. Met behulp van eerdere grondwatermetingen op Vredepeel (Hack-Ten Broeke *et al.*, 1993) is de te verwachten variatie geschat. Met behulp daarvan is het volgende vastgesteld: om te toetsen of de streefwaarde van 25 ppm voor nitraat in het grondwater wordt bereikt, met een geaccepteerde afwijking van 20 ppm, en een betrouwbaarheid van 80% zijn minimaal 18 mengmonsters (van minimaal 2 afzonderlijke punten per perceel) noodzakelijk. Voor een geaccepteerde afwijking van 10 ppm t.o.v. de streefwaarde zouden meer dan 80 mengmonsters vereist zijn.

Aangenomen wordt dat de norm geldt op bedrijfsschaal. In de praktijk betekent dit dat er op 18 percelen gemeten zou moeten worden. Voor Vredepeel worden 16 percelen geaccepteerd, alle Synthese en alle Analyse 2 percelen. Bij duidelijke verschillen tussen Synthese en Analyse is het dan ook mogelijk om aan te geven of die verschillen statistisch betrouwbaar zijn.

Op Meterik zijn minder percelen te gebruiken, maar als men van een zelfde variatie uitgaat als voor Vredepeel, zouden ook op Meterik 18 verschillende mengmonsters moeten worden doorgemeten om een betrouwbaar bedrijfsgemiddelde te geven. Het aantal beschikbare percelen was echter geringer (10). Een zelfde redenering als voor stikstof geldt voor fosfaat, waarvoor echter geen historische spreidingsgegevens bekend zijn voor de twee kernbedrijven.

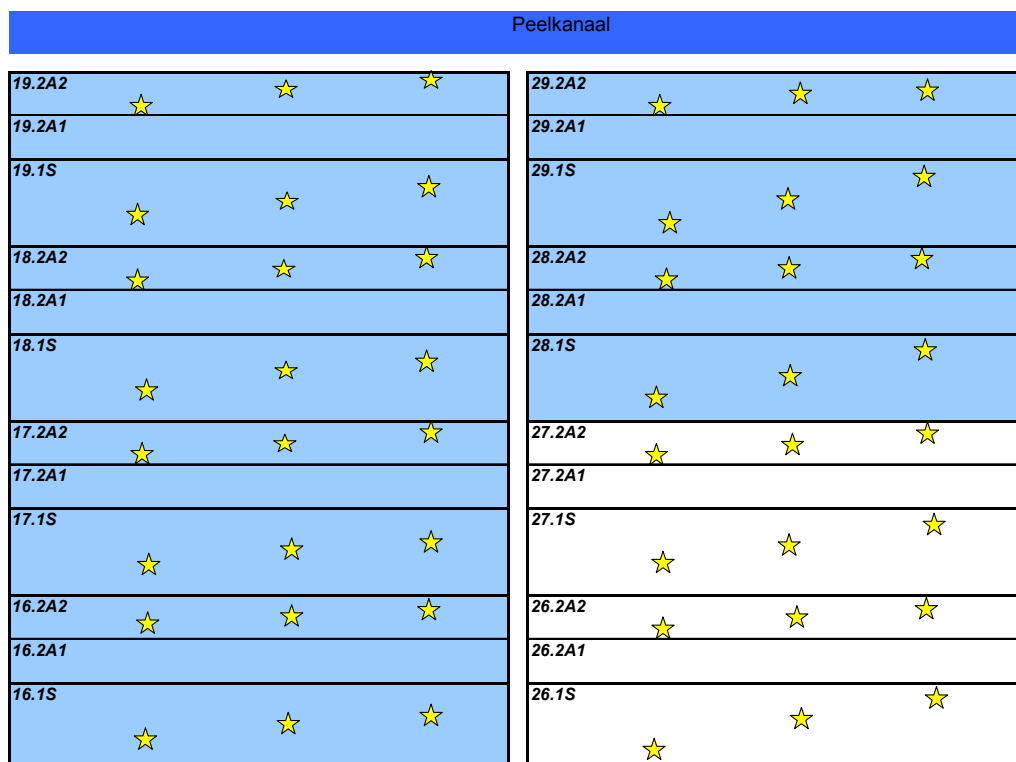
2.3 Perceelskeuze en locatie van de meetpunten

Op Vredepeel zijn alle Synthese en alle Analyse-2 percelen geselecteerd. Dit zijn in totaal 16 percelen. Voor de verschillen in management tussen Synthese en Analyse-2 zie § 2.1 of Assinck & De Willigen (2004). Op ieder perceel zijn twee meetpunten geplaatst voor de grondwaterbemonstering, ongeveer 40 meter van de kopakker, met een onderlinge afstand binnen het perceel van 120 meter. De afstand tussen meetpunten op verschillende percelen was 20 of 45 meter (zie Figuur 1). De variatie binnen een perceel is bestudeerd doordat op de percelen 26.1 en 28.1 niet 2 maar 8 grondwaterbuizen zijn geplaatst, in een diagonale rij. Op 8 van de 16 percelen (zie Figuur 1) zijn niet alleen grondwaterbuizen geplaatst maar ook macro-rhizons (poreuze cups) op 50 cm -mv.



Figuur 1. Overzicht van de proefvelden op Vredepeel en de ligging ten opzichte van het Peelkanaal (niet op schaal). De gedraineerde percelen hebben een blauwe achtergrond. De meetpunten in de meetseizoenen 2001-2002 en 2002-2003 voor grondwaterbuizen zijn weergegeven door een sterretje. Op de rode sterren staan behalve de grondwaterbuizen ook nog poreuze cups.

Na een evaluatie van de gehanteerde bemonsteringsstrategie is besloten de monsterpunten gelijkmatiger over de percelen te verdelen. De nieuwe verdeling van monsterpunten staat weergegeven in Figuur 2. De intensieve bemonstering in de percelen 26.1 en 28.1 is in het laatste meetseizoen niet doorgezet. Op basis van de resultaten van de metingen in de cups in de jaren 2001-2002 en 2002-2003 hebben we besloten in het laatste jaar deze cups niet opnieuw te plaatsen.



Figuur 2. *Overzicht van de proefvelden op Vredepeel en de ligging ten opzichte van het Peelkanaal (niet op schaal). De gedraineerde percelen hebben een blauwe achtergrond. De meetpunten in het meetseizoenen 2003-2004 voor grondwaterbuisen zijn weergegeven door een sterretje.*

Op het bedrijf Meterik zijn alleen percelen van het bladgewassenbedrijf onderzocht. Alle Synthesepercelen van dit bedrijf (23, 24, 25, 26, 27, 34, 35 en 36) werden in het onderzoek betrokken. Van de 4 Analysepercelen zijn er 2 onderzocht (perceel 21 en 22). Gezien de sterk afwijkende bodemkenmerken (o.a. organische stof %, pH, PW) op de percelen 19 en 20, zijn deze percelen buiten het onderzoek gelaten. Op alle onderzochte percelen zijn 4 meetpunten geselecteerd. Deze bevonden zich op het 3^e en het 7^e bed van ieder perceel, 10 meter vanaf de kop van de velden. Op elk van deze meetpunten stonden 4 macro-rhizons tot 1 meter diepte.

27 (s)	36 (s)
26 (s)	35 (s)
25 (s)	34 (s)
24 (s)	33
23 (s)	32
22 (a)	31
21 (a)	30
20 (a)	29
19 (a)	28

Figuur 3. *Overzicht van proefvelden op Meterik. De velden 19-27 en 34-36 behoren tot het bladgewassenbedrijf; de gekleurde velden zijn bemonsterd.*

2.4 Grondwaterbuizen en macro-rhizons

Voor de bemonstering van het grondwater hebben we gekozen voor permanente grondwaterbuizen, zodat altijd op de zelfde plaats bemonsterd wordt. Het uitgangspunt van de bemonstering was dat al het water boven het peil van 2 m -mv zou worden bemonsterd. Aangezien het grondwaterpeil sterk kan variëren kon dit dus op ieder monsterlocatie en op ieder meetmoment een andere hoeveelheid zijn. Er is voor gekozen om een drietal buizen te plaatsen, ieder met een geperforeerde zone van 50 cm op een andere diepte. De eerste buis bevatte alleen water uit de zone 50-100 cm -mv, de volgende had een bereik van 100-150 cm -mv en de derde een geperforeerde zone van 150-200 cm -mv. Op deze manier zou worden voorkomen dat bij hoge grondwaterstanden water uit een beter doorlatende laag preferent de grondwaterbuis instroomt en daarmee het monster 'domineert'. De monsters uit de diverse buizen werden afzonderlijk geanalyseerd.

Voor het plaatsen van de buizen werd gebruik gemaakt van lansen (metalen buis) met een lengte, die afhankelijk is van de te plaatsen grondwaterbuis (1,5 / 2 / 2,5 meter). Met behulp van een watertank en waterpomp (oude proefveldspuit) werd de lans met water in de grond gespoeld/gespoten. De lansen hebben een diameter die groter is dan die van de te plaatsen grondwatermonsterbuis. Het water spoelt bij het naar beneden drukken van de lans langs de zijkant ervan naar de oppervlakte. Ook grond spoelt hierbij naar de teeltoppervlakte. Wanneer de gewenste diepte werd bereikt, werd de pomp uitgezet en de watertoevoerslang van de lans gehaald. Vervolgens lieten we de grondwaterbuis in de lans zakken. Als de lans verwijderd wordt blijft de grondwatermonsterbuis in de grond zitten. Na het plaatsen van de grondwatermonsterbuizen werden de buizen leeggepompt alvorens met de grondwatermonsternamen te starten. Tussen het plaatsen van de grondwaterstandsbuizen en de eerste monsternamen zat minimaal 1 week.

De macro-rhizons zijn op alle meetpunten in viervoud geplaatst. Hiermee werd het bemonsterde volume vergroot en naar verwachting de variatie iets lager. In Meterik werden de cups op een diepte van 1 meter geplaatst, in Vredepeel op 50 cm. Voor het plaatsen werd met een gutsboor werd een schuin (45°) gat geboord. Het laatst opgeboorde materiaal werd gemengd met wat water en dit mengsel werd weer in het gat gegoten, waarna de macro-rhizon er direct in gestoken werd. Op deze manier werd de aansluiting tussen macro-rhizon en bodemmateriaal zo goed mogelijk.

2.5 Meetmomenten

Voor de bemonstering hebben we niet gekozen voor regelmatige, vooraf vastgelegde meetmomenten, maar voor een fluxafhankelijke bemonstering. Dat betekent dat zodra op een van beide bedrijven een neerslag overschot tussen de 30 en 50 mm ten opzichte van het vorige meetmoment werd bereikt er monsters genomen werden.

De meetmomenten zijn weergegeven in Tabel 3. Daar staan ook voor beide bedrijven de cumulatieve neerslagoverschotten in, zoals deze zijn berekend op basis van neerslag-dagsommen (en berekening) per bedrijf en de referentieverdamping van het KNMI-station in Eindhoven. De verdamping is niet gewasspecifiek berekend.

In februari van 2002 is er in korte tijd veel regen, waardoor er na een week opnieuw bemonsterd moest worden. Gedurende de zomer van 2002 ontstond er geen neerslag overschot, wat normaal is voor de zomermaanden. Op beide bedrijven werd gedurende deze maanden toch een aantal keren bemonsterd, waarbij de meetmomenten vooral werden gestuurd door teelthandelingen en grondbewerkingen. De laatste bemonstering zonder neerslagoverschot vond plaats op 6-8-02, enkele weken later ontstond door enkele zeer zware buien toch een neerslagoverschot en is er opnieuw gemeten.

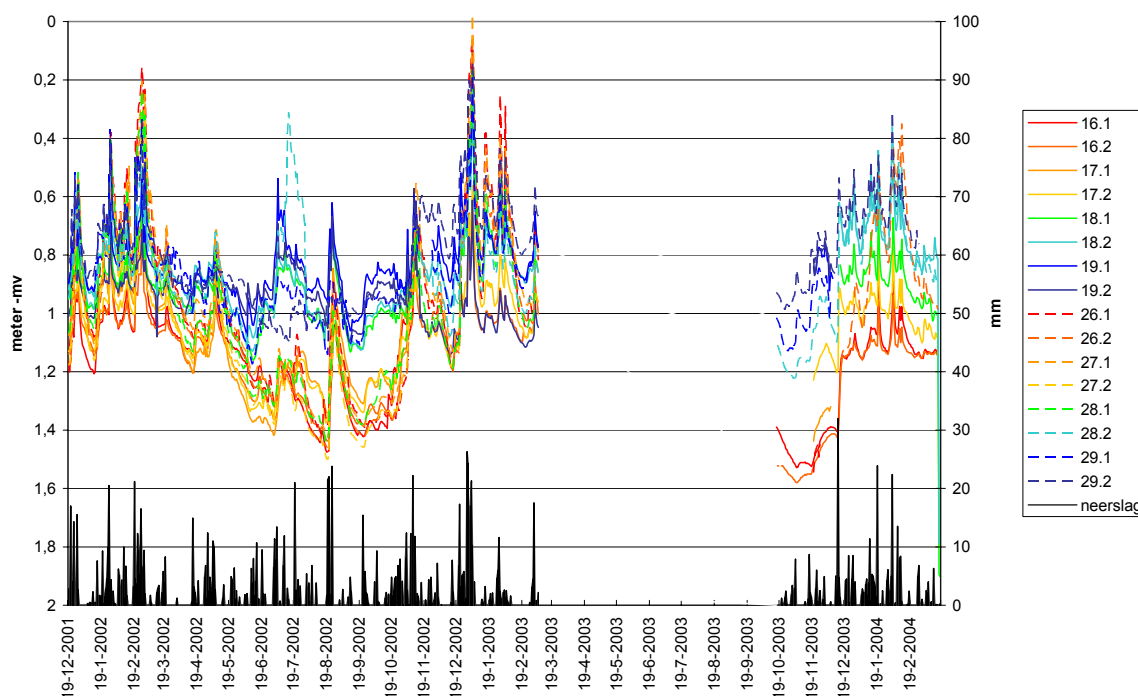
Tabel 3. Meetmomenten voor grondwater en bodemvocht en cumulatieve neerslagoverschotten (inclusief berekening) vanaf 1-11-2001.

Datum	Vredepeel	Meterik
10-12-2001	72	75
10-01-2002	129	120
30-01-2002	197	202
19-02-2002	245	234
27-02-2002	300	311
02-05-2002		336
11-06-2002	305	
06-08-2002	310	341
29-08-2002	315	390
11-11-2002	352	480
06-12-2002		496
06-01-2003	514	621
13-02-2003	560	648
11-03-2003	581	
25-03-2003		672
06-10-2003	590	
14-10-2003	612	692
25-11-2003	614	
15-12-2003	681	772
08-01-2004	720	800
22-01-2004	783	866
11-02-2004	850	918
22-03-2004	881	926

Gedurende de zomer van 2003 zijn geen metingen uitgevoerd. Het neerslagoverschot was zeer negatief, maar op beide bedrijven is vaak berekend. Dit leverde echter geen overschot op. In oktober, vlak na de start van de nieuwe meetserie in Vredepeel, heeft het veel geregend, waardoor daar al na een week opnieuw bemonsterd is. De meetseries zijn eind maart 2004 afgerond, in verband met grondbewerkingen.

2.6 Grondwaterstanden Vredepeel

Op alle meetlocaties in Vredepeel is in de diepste buis dagelijks de grondwaterstand gemeten. De meetresultaten en de dagelijkse neerslag staan weergegeven in Figuur 4, waaruit blijkt dat de grondwaterstand aan zeer dynamische veranderingen onderhevig kan zijn. De verschillen in grondwaterdiepte tussen verschillende percelen worden deels veroorzaakt door verschillen in maaiveldhoogte. Tussen maart en oktober 2004 zijn geen metingen uitgevoerd.



Figuur 4. Grondwaterstanden Vredepeel tot en met maart 2004.

2.7 Bemonsteringsmethode

Het bemonsteren van het grondwater uit de verschillende monsterbuizen gebeurde alleen op Vredepeel. Eerst werden met een pomp alle monsterbuizen leeggepompt, of als de toevoer groot was werd er ten minste een liter water uit gepompt. Vooraf werd de diepte van het grondwater gepeild, zodat duidelijk was welke buizen bemonsterd moesten worden. Als er in een monsterbuis slechts 10 cm water staat is het nauwelijks mogelijk een monster te nemen. In de praktijk kwam het er daardoor op neer dat de buis met een perforatie van 50 tot 100 cm diep niet vaak bemonsterd werd, omdat het grondwater niet zo hoog stond.

Nadat alle buizen een keer leeg waren gepompt werden ze bemonsterd. Dit gebeurde door de slang even door te spoelen met water uit de buis, deze te bevestigen op een membraanfilter (45 μm) en ook hier even wat water door te laten lopen. Vervolgens werd er polyethyleen flesje onder het filter gehouden en het water opgevangen. Alle buizen werden in een verschillend polyethyleen flesje bemonsterd. Op 10-12-2001 en 10-1-2002 zijn de monsters uit de bij elkaar behorende buizen gemengd. Dit gebeurde proportioneel naar de grondwaterstand. Op de volgende meetmomenten zijn de monsters uit verschillende buizen niet meer gemengd. Op 10-12-2001, 10-1-2002 en 6-1-2003 konden de monsters niet op het veld worden gefilterd omdat door de vorst het filter bevroor. De ijsklonten zijn naar het laboratorium overgebracht en daar alsnog gefilterd.

Het bemonsteren van de cups gebeurt door een spuit op het slangetje te bevestigen en vervolgens de spuit vacuüm te trekken. Zolang er vacuüm op het slangetje staat zal er aan het bodemvocht gezogen worden. De volgende dag werd het opgezogen bodemvocht van de vier cups van één meetpunt gefilterd, verzameld in een polyethyleen flesje en naar het laboratorium gebracht voor analyse.

2.8 Analysemethoden

De watermonsters werden overgebracht naar het laboratorium van Alterra. Aan de monsters werden pH en EC gemeten. Verder werd d.m.v. een flow-injectiemeting het nitraat en ammoniumgehalte bepaald (standaardwerkvoorschriften E1401 en E1402).

Op 10-12-2001, 10-1-2002 en 13-2-2003 is in het grondwater en bodemvocht ook fosfaat gemeten. Hiervoor zijn de monsters in het veld aangezuurd. (Ortho)Fosfaat is gemeten d.m.v. een flow-injectiemeting (Ehlert & Koopmans, 2004, standaard werkvoorschrift E1404).

2.9 Statistische analyse en berekeningsmethode voor uitspoeling

Van de meetresultaten van de grondwatermonsters uit de verschillende buizen is het gewogen gemiddelde berekend per meetpunt. Dit gebeurde op basis van de diepte van het grondwater. De gemeten nitraatconcentraties zijn d.m.v. een 'one-sample t-test' (SPSS 10.0) getoetst tegen de norm- en streefwaarde en verschillen tussen Analyse en Synthese zijn getoetst met een 'independent sample t-test'. Voor het maken van N-balansen zijn de concentraties op zich niet bruikbaar, omdat concentraties sterk afhankelijk kunnen zijn van het neerslagoverschot. Om tot een uitspraak te komen over de hoeveelheid uitgespoelde N per ha zijn modelberekeningen uitgevoerd (Assinck & De Willigen, 2004). Daarnaast is onderzocht of er ook eenvoudige rekenmethodes zijn om tot een maat voor de uitspoeling te komen (De Vos & Assinck, 2004). In dit rapport zijn de gemiddelde concentraties tussen twee meetmomenten vermenigvuldigd met het neerslagoverschot in die periode. Vervolgens zijn deze hoeveelheden gesommeerd over een hydrologisch jaar (1 april -31 maart) voorzover er data beschikbaar waren.

De invloed van het Peelkanaal op de nitraatconcentraties is gekwantificeerd door een lineaire regressie-analyse (SPSS 10.0) met de gemiddelde nitraatconcentraties per meetseizoen als afhankelijke variabele en de afstand tot het kanaal in meters als verklarende variabele. Deze analyse werd uitgevoerd voor de Analysepercelen en Synthesepercelen en voor alle percelen samen. Daarnaast is het bedrijfssysteem als dummyvariabele opgenomen en aan de verklarende variabelen toegevoegd.

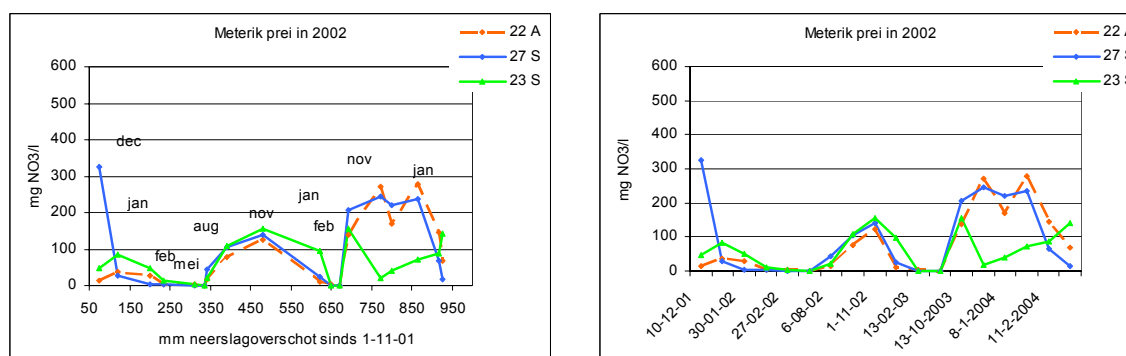
3. Resultaten

3.1 Bodemvocht Meterik

3.1.1 Temporele variatie in nitraatconcentraties

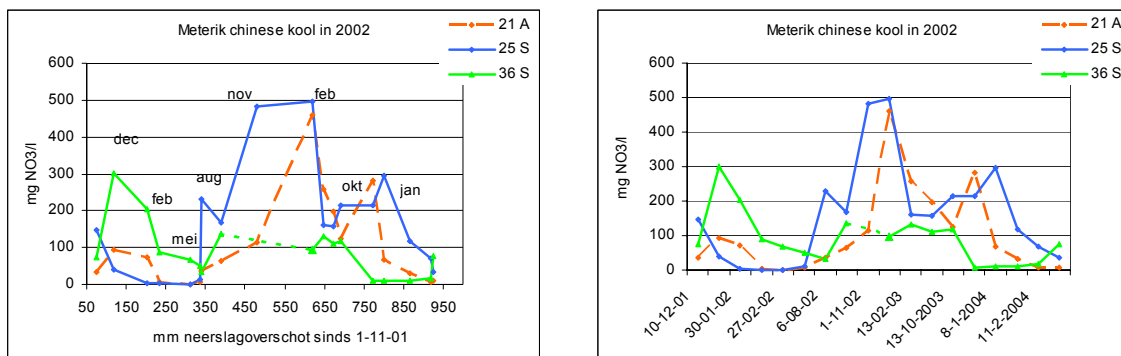
De nitraatconcentratie in het bodemvocht verandert voortdurend. Deze temporele variatie weerspiegelt deels de teelthandelingen op het perceel, al is het in de tijd wat vertraagd. Onderstaande grafieken geven telkens op twee manieren de verandering van de nitraatconcentratie in de tijd weer. In de linker figuur staat de tijd op de x-as. In de rechterfiguren is op de x-as is echter niet de tijd weergegeven, maar het neerslagoverschot t.o.v. de begindatum van de metingen (1-11-2001). Door gebruik te maken van deze weergave komt duidelijker naar voren hoe groot de uitspoeling is: de oppervlakte onder een lijn geeft een indicatie van de uitspoeling.

In de grafieken zijn de percelen, die in 2002 een vergelijkbaar gewas hadden gegroepeerd. De teelten kunnen variëren van 'vroeg bedekt' tot 'late herfst bewaarteelt'. De teelt in het voorgaande en het volgende seizoen kan verschillend zijn. De metingen zijn in 2001 pas in december begonnen. Een (groot) deel van het uitspoelingsseizoen is hierdoor niet gemeten. Daarom wordt aan de uitspoeling in 2001-2002 minder aandacht besteed.



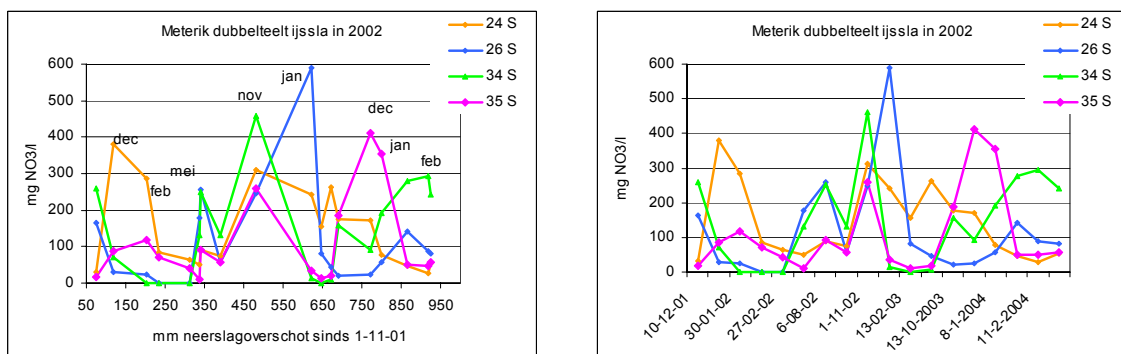
Figuur 5. Nitraatconcentratie in afzuigcups op 1 meter diepte in Meterik. Eerste meting op 10-12-2001, laatste meting op 25-3-2003. Percelen met prei in 2002.

Op de percelen 22 (Analyse), 23 en 27 (beide Synthese) heeft in het teeltseizoen 2002-2003 prei gestaan (Figuur 5). In het voorgaande seizoen stond op de percelen 23 en 27 ijssla en op het Analyse perceel een dubbelteelt van ijssla en Chinese kool. Opvallend is dat de concentraties tijdens de preiteelten niet van elkaar verschillen. Alleen aan het einde van de teelt ontstaat een klein verschil. De fertigatie, die in het Analyse perceel (22) is toegepast lijkt geen extra verlaging van de uitspoeling tot gevolg te hebben. De uitspoeling, berekend volgens de beschrijving in § 2.8, wordt voor de prei teelten geschat op 61 kg N/ha voor perceel 22, 71 kg N/ha voor perceel 27 en 107 kg N/ha voor perceel 23. In 2003 stond op perceel 22 Chinese kool, gevolgd door ijssla, op de percelen 23 en 27 stonden twee teelten ijssla na elkaar. Op perceel 22 zijn de gewasresten van beide teelten verwijderd, op perceel 23 alleen de gewasresten van de tweede teelt. Dit was al in augustus, terwijl op beide andere percelen de oogst pas eind september/half oktober plaatsvond. Op perceel 27 zijn geen gewasresten verwijderd. De nitraatconcentraties van perceel 23 vertonen in 2003-2004 een duidelijk afwijkend patroon. De geschatte uitspoeling in het meetseizoen 2003-2004 is 114 kg N/ha in perceel 22, 113 kg N/ha in perceel 27 en slechts 41 kg N/ha in perceel 23.



Figuur 6. Nitraatconcentratie in afzuigcups op 1 meter diepte in Meterik. Eerste meting op 10-12-2001, laatste meting op 25-3-2003. Percelen met Chinese kool in 2002.

De Chinese koolteelten (2002) vertonen een grilliger beeld, dat ook moeilijker te interpreteren is (Figuur 6). Op perceel 25 heeft een dubbelteelt Chinese kool gestaan. De eerste teelt is door koolvlieg mislukt en in juni niet geoogst maar geheel ingewerkt. Dit kwam in augustus al tot uiting in een nitraatconcentratie van ruim 200 mg/l. De concentraties zijn daarna nog opgelopen tot een perceelsgemiddelde van 500 mg nitraat per liter. Op basis van de eenvoudige berekening (zie § 2.8) wordt de uitspoeling voor deze teelten geschat op 340 kg per ha. In 2003 heeft op dit perceel nog twee keer ijsbergsla gestaan, waarbij na de laatste teelt (in augustus) de gewasresten verwijderd zijn en er een groenbemester (snijrogge) is ingezaaid. De uitspoeling in 2003-2004 wordt geschat op 106 kg N/ha. In perceel 36 lijkt geen piek in de concentraties te zitten en de geschatte uitspoeling is met 131 kg N/ha ook minder hoog. Er is hier ook maar een enkele Chinese koolteelt geweest, vooraf gegaan door Triticale en gevolgd door Rogge. Dit zou de relatief lage nitraatconcentratie kunnen verklaren. Echter, in november was het in dit perceel niet mogelijk bodemvochtmonsters te nemen. Het zou kunnen dat hierdoor de 'piek' gemist is. In 2003 is ook op dit perceel twee keer ijsla geteeld, waarna de gewasresten zijn verwijderd. Het verloop in de nitraatconcentratie wijkt wel af van alle andere percelen met ijsla, de concentraties blijven laag. Op dit perceel wordt de uitspoeling voor het meetseizoen 2003-2004 geschat op 21 kg N/ha. Op het Analyse perceel (21) heeft in 2002 een dubbelteelt van ijsla en Chinese kool gestaan, gevolgd door een groenbemester. Van beide teelten zijn de gewasresten verwijderd. Ondanks deze maatregelen is de concentratie vanaf november hoog, met een flinke uitschieter naar ruim 450 mg/l in januari. De uitspoeling in dit perceel wordt geschat op 242 kg N/ha. In 2003 is hier prei geteeld, waarvan na de oogst de gewasresten zijn verwijderd. Nadat in december de nitraatconcentratie nog een flinke piek vertoonde (bijna 300 mg/l), zijn deze waarden later snel gedaald. De uitspoeling wordt daardoor niet hoog geschat; 65 kg N/ha.

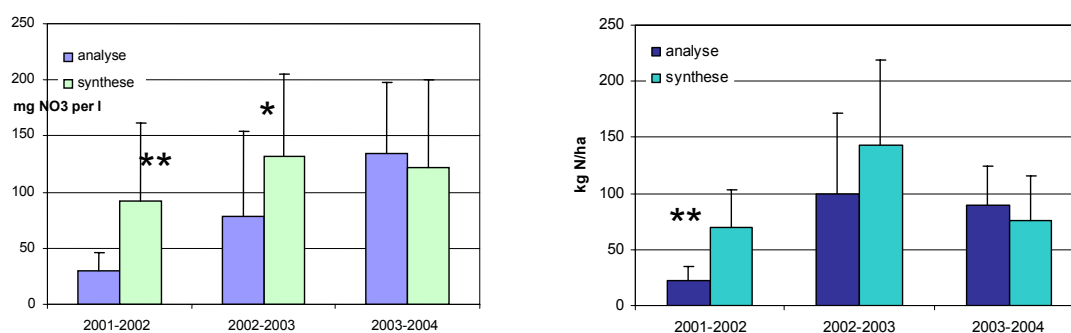


Figuur 7. Nitraatconcentratie in afzuigcups op 1 meter diepte in Meterik. Eerste meting op 10-12-2001, laatste meting op 25-3-2003. Percelen met een dubbelteelt ijsla in 2002.

In 2002 stond op 4 synthese percelen een dubbelteelt van IJssla (Figuur 7). De bemesting en opname verschillen nauwelijks tussen de percelen, maar de resultaten van de bodemvochtmetingen wel. Gedurende de zomermaanden lijkt er een eerste piek in de nitraatconcentratie te zijn ontstaan. In deze periode was er geen sprake van een neerslagoverschot. Er is op de percelen wel beregend, maar het is niet bekend hoeveel van dit beregeningswater ook werkelijk voor uitspoeling van nitraat heeft gezorgd. De tweede piek valt voor de percelen 24, 34 en 35 in november. Op deze percelen is in september rogge gezaaid, hoewel dit op perceel 24 in oktober is ondergeploegd i.v.m. een te hoog gehalte aan aaltjes (pers. mededeling P. Wanten, Meterik). Op de percelen 24 en 35 heeft in 2003 prei gestaan. Op perceel 35 is rogge daar als groenbemester aan vooraf gegaan. De nitraatconcentraties zijn uiteindelijk vrij laag uitgekomen, maar in perceel 35 is een grote piek geweest in december en januari. Op perceel 34 is in 2003 twee keer Chinese kool geteeld, waarna de concentraties gedurende enkele maanden groter dan 200 mg/l waren. Op perceel 26 is pas in oktober een groenbemester, triticale, gezaaid. Op dit perceel is de nitraatconcentratie na november nog verder opgelopen tot bijna 600 mg per L in januari. In 2003 is na de triticale nog een late Chinese kool geteeld. De uitspoeling uit de percelen met ijssla in 2002-2003 wordt geschat op 164 (perceel 22), 218 (perceel 26), 167 (perceel 34) en 91 (perceel 35) kg N per ha. In 2003-2004 wordt de uitspoeling geschat op 64 (perceel 124), 38 (perceel 26), 109 (perceel 34) en 120 kg N/ha (perceel 35).

3.1.2 Gemiddelde nitraatconcentraties per systeem

De gemiddelde nitraatconcentraties van het Analysesysteem zijn in 2001-2002 en in 2002-2003 significant lager dan het Synthesesysteem. In het seizoen 2003-2004 zijn er geen significante verschillen. In het tweede meetseizoen zijn de concentraties iets hoger dan in het eerste meetseizoen. In het derde seizoen is vooral de gemiddelde concentratie van het Analyse bedrijf hoger geworden, zelfs hoger (maar niet significant) dan in de Synthesepercelen. In dit laatste meetjaar waren de verschillen in teeltmaatregelen tussen de Synthesepercelen en de Analysepercelen heel klein geworden. Maatregelen, die in eerdere jaren alleen op de Analysepercelen werden uitgevoerd, zoals het verwijderen van gewasresten), werden in 2003 ook op de Synthesepercelen toegepast. Als de getallen omgerekend worden naar hoeveelheden uitgespoeld N valt als eerste op dat de verschillen tussen de jaren nog groter zijn. Dat kan deels worden verklaard door de meetperiode, die in 2001 pas in december begon en in 2002 al vanaf de zomer. De uitspoeling kan dus niet over de jaren vergeleken worden. In het laatste meetseizoen zijn de concentraties hoger dan in het voorgaande seizoen, maar de uitspoeling is lager. Dat komt door het kleinere neerslagoverschot in 2003-2004 (254 mm) t.o.v. 2002-2003 (361 mm).



Figuur 8. Gemiddelde nitraatconcentratie (mg NO₃/l; links) en nitraatuitspoeling (kg N/ha; rechts) per bedrijf voor twee meetseizoenen. Significante verschillen tussen Synthese en Analyse zijn aangegeven met * ($p < 0.1$) of ** ($p < 0.05$).

De verschillen tussen de bedrijven in de eerste twee meetseizoenen lijken er op te wijzen dat de maatregelen, zoals die in de Analysepercelen zijn getroffen, succesvol zijn. Daarmee is nog niet gezegd dat ook de norm (50 mg nitraat per liter) of de streefwaarde van 25 mg nitraat per liter zijn gehaald. In Tabel 4 wordt per meetmoment per meetseizoen aangegeven of de gemiddelde concentratie per Analyse of Synthesebedrijf significant afwijkt van de norm en van de streefwaarde.

Tabel 4. Gemiddelde nitraatconcentratie (mg NO₃/l) en standaarddeviatie per bedrijf voor alle meetmomenten en het resultaat (p-value) van een t-test tegen een vaste waarde (normwaarde 50 en streefwaarde 25 mg NO₃-per liter). Het verschil is significant bij een p-value < 0.05.

Datum	Analyse					Synthese				
	n	gem	stdev	p (50)	p (25)	n	gem	stdev	p(50)	p(25)
10-12-01	8	24	15	.002	.910	30	140	130	.000	
10-01-02	8	65	50	.428	.060	26	144	147	.003	
30-01-02	8	50	45	.988	.154	28	98	120	.044	
19-02-02	8	5	5	.000	.000	22	46	42	.703	.025
27-02-02	8	3	4	.000	.000	23	26	32	.009	.412
02-05-02	8	3	3	.000	.000	27	58	72	.541	.024
06-08-02	8	26	12	.001	.845	32	127	98	.000	
27-08-02	8	71	47	.248	.029	32	105	94	.002	
11-11-02	4	115	88	.234	.132	20	337	162	.000	
06-12-02	1	124				1	155			
06-01-03	5	280	247	.105	.082	28	202	252	.004	
13-02-03	3	173	200	.397	.328	14	100	86	.049	
25-03-03	5	91	135	.528	.332	17	76	92	.256	.035
14-10-03	2	132	10	.054		8	154	62	.002	
15-12-03	8	276	97	.000		32	148	149	.001	
08-01-04	8	119	60	.013		32	156	186	.003	
22-01-04	8	154	140	.074	.035	32	119	108	.001	
11-02-04	8	75	85	.425	.136	32	87	110	.064	.003
22-03-04	8	39	37	.428	.329	32	88	119	.083	.006
2001-2002	8	30	17	.012	.482	32	92	70	.000	
2002-2003	8	78	76	.326	.087	32	132	73	.000	
2003-2004	8	133	64	.007		32	122	79	.000	

Bijvoorbeeld op meetmoment 10-12-2001 is in de Analysepercelen de concentratie gemiddeld 24 mg/l. Deze concentratie is significant afwijkend (p-value<0.05) van (lager dan) de norm, maar niet significant afwijkend van de streefwaarde. De concentratie in de Synthesepercelen is gemiddeld 140 mg/l en deze is significant hoger dan de norm. De p-waarde voor de t-test met de streefwaarde is in dit geval niet ook nog gegeven, omdat het geen extra informatie meer toevoegt. In 2003 en de eerste maanden van 2004 liggen de gemiddelde concentraties duidelijk boven de norm, maar door de grote spreiding en mogelijk het kleine aantal waarnemingen, wijken de gemiddelde waarden statistisch niet af van de norm en zelfs niet van de streefwaarde. Voor de eerste twee meetseizoenen geldt dat de Analysepercelen gemiddeld wel de norm van 50 mg nitraat per L hebben gehaald en de Synthesepercelen niet. In het derde meetseizoen hebben zowel de Analyse als de Synthesepercelen de norm niet gehaald. De gemiddelde waarde per seizoen zijn berekend zonder rekening te houden met de lengte van de periode tussen twee metingen, omdat de monsterstrategie fluxafhankelijk was.

De in het projectvoorstel (Zwart & Smit, 2002) geformuleerde doelstelling om op alle momenten in het jaar de norm van 50 mg/l of zelfs de streefwaarde van 25 mg/l te halen is duidelijk niet gehaald.

3.1.3 Fosfaat in het bodemvocht

Het fosfaatgehalte in het bodemvocht is maar enkele keren gemeten. Na de eerste twee meetmomenten bleken de gehalten zo laag te zijn, dat verdere analyse van het bodemvocht niet zinvol leek. Ehlert & Koopmans (2004) gaan in hun rapport over fosfaat op de kernbedrijven nader in op de mogelijke oorzaken van deze lage concentraties. In Tabel 5 worden de meetresultaten van de metingen in de winter van 2001-2002 en de meting van februari 2003 gegeven. De streefwaarde voor P is 0,4 mg/l, de gemeten concentraties liggen daar ruim onder.

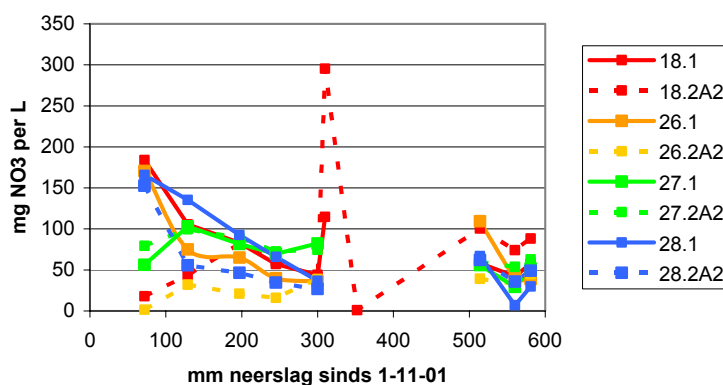
Tabel 5. Fosfaatconcentraties in bodemvocht (mg P/l).

	10-12-2001	10-1-2002	13-2-2003
Analyse	0.009	0.017	0.008
Synthese	0.009	0.015	0.009

3.2 Grondwater en bodemvocht Vredepeel

3.2.1 Bodemvocht

In Vredepeel zijn in acht percelen poreuze cups geplaatst. Gezien de hoge grondwaterstand, stonden deze cups op 50 cm onder maaiveld. Doordat bij verschillende teelthandelingen de cups moesten worden verwijderd en door een laag vochtgehalte van de bovengrond, ontbreken er erg veel meetmomenten gedurende zomer en het najaar van 2003. De uitspoelingsperiode na de zomer van 2001 vertoont in alle percelen een min of meer dalende lijn. Het is niet duidelijk of er een veel hogere piek aan vooraf is gegaan of niet. De laatste meetperiode is te kort om uitspraken te kunnen doen. De dynamiek, zoals deze in Meterik heel duidelijk zichtbaar is, lijkt in Vredepeel te ontbreken. Achteraf moet worden geconcludeerd dat de metingen van het bodemvocht met de cups erg weinig informatie op leveren.



Figuur 9. Nitraatconcentraties in het bodemvocht op Vredepeel.

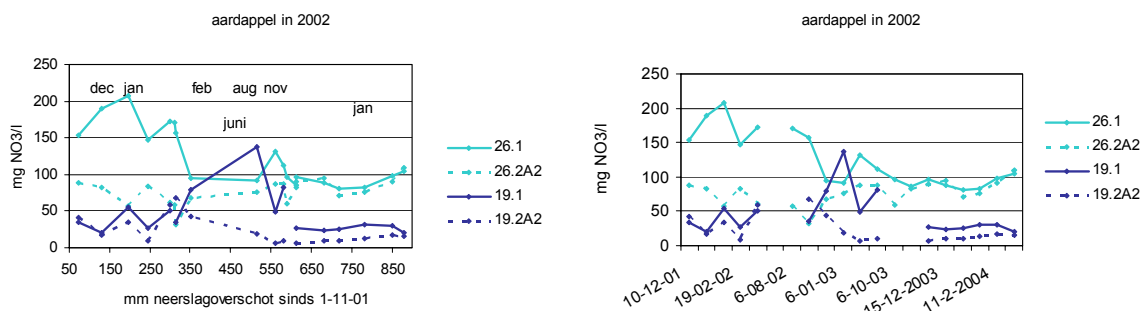
3.2.2 Temporele variatie in nitraatconcentraties in grondwater

De concentratieveranderingen in de tijd worden weergegeven in de Figuren 8 t/m 11. De gegevens worden, net als voor Meterik (§ 3.1.1), telkens op twee manieren weergegeven. In de linker grafiek als functie van het neerslagoverschot en in de rechter grafiek als functie van de tijd. De percelen zijn gegroepeerd naar het gewas dat er in het teeltseizoen 2002 op geteeld werd. De gewassen, die op de verschillende percelen werden verbouwd staan in Tabel 6. Hieruit kunnen ook de voorvruchten worden afgelezen.

Tabel 6. Gewassen en groenbemesters in de 3 meetseizoenen op Vredepeel. (vr. = vroeg; l. = laat; **=als onderzaai bij maïs)

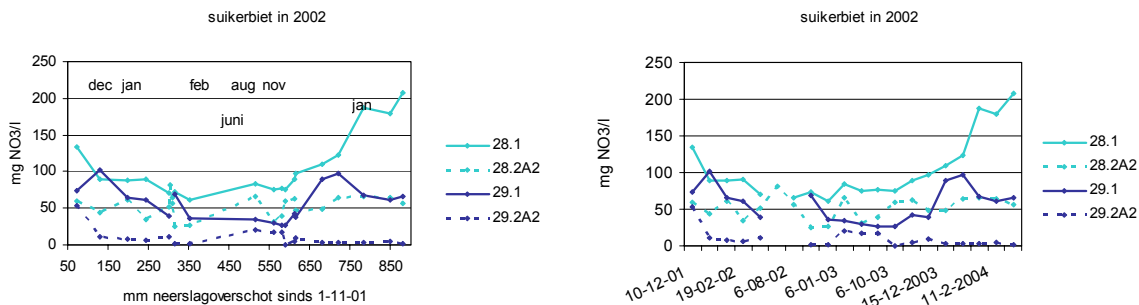
	2001 gewas	2001 gbm	2002 gewas	2002 gbm	2003 gewas	2003 gbm
16.1S	triticale	geen	waspeen	geen	aardappel vr	geen
16.2A2	triticale	zomergerst	waspeen	geen	aardappel vr.	bladrammenas
17.1S	suikerbiet	geen	triticale	geen	waspeen	geen
17.2A2	suikerbiet	geen	zomergerst	zomergerst	waspeen	geen
18.1S	snijmaïs l.	geen	erwt+slaboon	geen	aardappel l.	geen
18.2A2	snijmaïs vr.	zomergerst**	erwt	bladrammenas	aardappel l.	inwerken stro
19.1S	zomergerst	geen	aardappel vr.	geen	suikerbiet	geen
19.2A2	zomergerst	geen	aardappel vr.	bladrammenas	suikerbiet	geen
26.1S	erwt+slaboon	geen	aardappel l.	geen	suikerbiet	geen
26.2A2	erwt	tagetes	aardappel l.	inwerken stro	suikerbiet	geen
27.1S	suikerbiet	geen	snijmaïs laat	geen	erwt+slaboon	geen
27.2A2	suikerbiet	geen	snijmaïs vr.	zomergerst**	erwt	bladrammenas
28.1S	aardappel laat	geen	suikerbiet	geen	triticale	geen
28.2A2	aardappel laat	inwerken stro	suikerbiet	geen	zomergerst	triticale
29.1S	aardappel vr.	geen	suikerbiet	geen	snijmaïs laat	geen
29.2A2	aardappel vr.	bladrammenas	suikerbiet	zomergerst	snijmaïs vr.	zomergerst**

Op de percelen 26 en 19 stond in 2002 aardappel (Figuur 10). Hoewel de voorvrucht op de beide percelen erg verschillend was, zijn de concentraties in de Synthesepercelen vergelijkbaar. De Analysepercelen verschillen meer van elkaar. Op perceel 19 is na de aardappeloogst bladrammenas gezaaid en dat lijkt een groter verlagend effect op de nitraatconcentraties te hebben dan het stro dat op perceel 26 is ingewerkt. In 2003 stond op beide percelen suikerbiet. De verschillen in behandeling tussen Analyse en Synthesepercelen zijn klein en dat lijkt ook tot uiting te komen in de nitraatconcentraties. In 2003 is het duidelijk dat perceel 19 veel lagere concentraties heeft dan perceel 26. Dit lijkt samen te hangen met de aanwezigheid van het Peelkanaal. Dat wordt verder uitgewerkt in § 3.2.6.



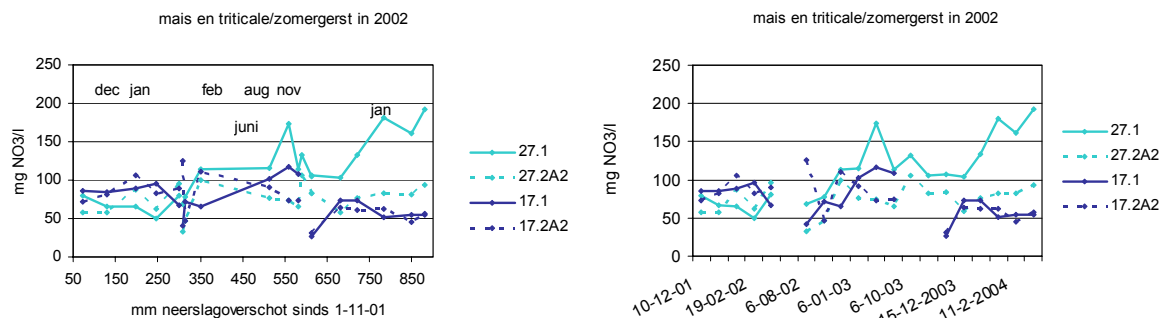
Figuur 10. Nitraatconcentraties op de percelen 26 en 19.

De gewassen van perceel 28 en 29 waren zowel in 2001 als in 2002 dezelfde: in 2001 aardappel in 2002 gevolgd door suikerbiet. Op beide percelen is de concentratie van de Analysepercelen lager (Figuur 11) dan die van de Synthesepercelen, ook al is er geen vanggewas verbouwd na de suikerbietenoogst. In 2003 is op perceel 29 maïs verbouwd, op 28.1 (Synthese) is triticale verbouwd en op 28.2A2 (Analyse) heeft zomergerst gestaan. Onder de maïs op het Analyseperceel (29.2a2) stond zomergerst als vanggewas. Dat lijkt effect te hebben gehad op de nitraatconcentraties, maar ook hier is dat moeilijk te onderscheiden van het effect van het Peelkanaal. In de eerste maanden van 2004 (laatste 4 meetpunten in de grafieken, zie ook Tabel 3) loopt de nitraatconcentratie in perceel 28.1 flink op. Dat is verrassend, omdat dat in voorgaande jaren niet voor was gekomen. Uit modelberekeningen van de mineralisatie van bodemorganische stof en gewasresten en gewasopname blijkt dat er nog behoorlijk veel stikstof uit de ingewerkte bietenbladeren en -koppen vrijkwam, nadat de stikstofopname door triticale al was gestopt.



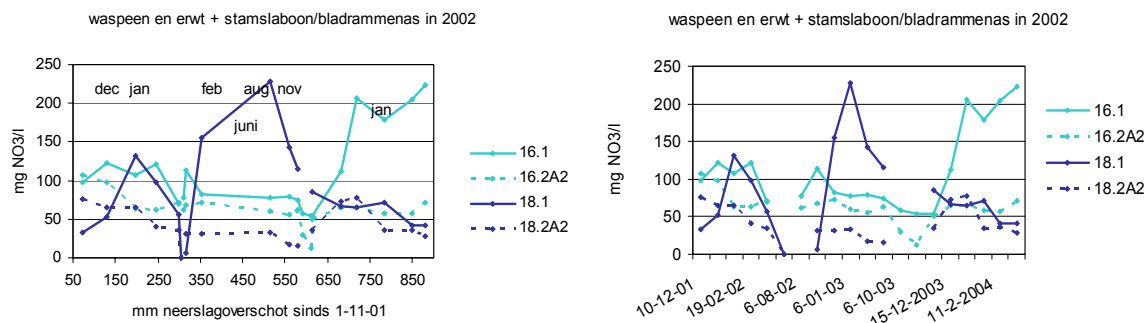
Figuur 11. Nitraatconcentraties op de percelen 28 en 29.

In het grondwater van de percelen 27 en 17 zijn geen duidelijke verschillen in nitraatconcentratie te zien tussen Synthese en Analyse (Figuur 12). Dit geldt niet alleen voor 2001, toen op beide percelen suikerbiet stond, maar ook voor 2002. Op perceel 17 stond in dat jaar triticale/zomergerst en op perceel 27 maïs. Ook in 2003 zijn op perceel 17 nauwelijks verschillen te zien tussen Analyse en Synthese. Op beide percelen stond waspeen en er was nauwelijks verschil tussen de behandeling van dit gewas. Op het Synthese perceel werd aan het einde van de teelt het gewas afgekeurd en niet geoogst. Dit komt echter nog niet tot uiting in de nitraatconcentraties. Perceel 27 kan vergeleken worden met perceel 26 in 2001 en perceel 18 in 2002, op het Syntheseperceel stond een dubbelteelt van erwten en stamslaboon en op het Analyseperceel werd na de erwten een groenbemester gezaaid. Dat was in 2003 bladrammenas. Net als in de voorgaande jaren loopt het verschil tussen de percelen flink op en komen de concentraties in het Syntheseperceel ver boven de norm uit; 192 mg/L in maart 2004.



Figuur 12. Nitraatconcentraties op de percelen 17 en 27.

Op perceel 16 werd in 2002 waspeen verbouwd (Figuur 13). Er was geen vanggewas op het Analyse perceel en er zijn nauwelijks verschillen tussen Analyse en Synthese. Voor perceel 18 geldt dat zeker niet. De dubbelteelt van erwten, gevolgd door stamslaboon levert veel hogere nitraatconcentratie dan de combinatie van erwten en tagetes als vanggewas. In 2003 zijn de verschillen tussen Analyse en Synthesepercelen zeer opvallend. Op beide percelen heeft aardappel gestaan, vroeg aardappel op perceel 16 en late aardappel op perceel 18. Na de late aardappel heeft geen groenbemester gestaan en daarmee verschilt de behandeling tussen de Synthese en Analysebehandeling van perceel 18 weinig. Op perceel 16.2a2 is na de oogst nog bladrammenas gezaaid en dit is in oktober zelfs gemaaid en afgevoerd. Het effect van het verwijderen komt niet duidelijk tot uiting, maar gezien de ervaring met triticale in perceel 28.1 (2003, Figuur 11) zou dit effect pas later zichtbaar kunnen worden. Op perceel 16.1 heeft vroege aardappel gestaan, zonder groenbemester. In augustus en september waren er in de bovenste 30 cm zeer hoge N_{min} waarden gemeten (108 en 89 kg/ha) en dit lijkt vanaf januari 2004 in het grondwater terecht te zijn gekomen. Mogelijk heeft de mineralisatie van waspeenresten van 2002 deze grote hoeveelheid N in de bodem veroorzaakt.



Figuur 13. Nitraatconcentraties op de percelen 16 en 18.

Op vrijwel alle percelen en alle meetmomenten is de nitraatconcentratie in de Analyse lager dan in de Synthesepercelen. Bij de aardappel- en de erwten teelt is het effect van een vanggewas het meest zichtbaar. In Tabel 7 staan de nitraatconcentraties nog eens weergegeven, maar nu per teelt. Hieruit blijkt dat het inwerken van stro na aardappel in de eerste twee meetjaren minder effect heeft dan een vanggewas, terwijl dit in het derde meetjaar niet veel verschil maakte. Duidelijk is dat bij suikerbiet de verschillen tussen Synthese en Analyse klein zijn, zolang er geen groenbemester wordt gebruikt. De nateelt van zomergerst heeft hier een gunstig effect op de nitraatconcentraties.

Tabel 7. Gemiddelde nitraatconcentraties per teelt voor de seizoenen 2001-2002 en 2002-2003.

	Systeem	2001-2002	2002-2003	2003-2004
triticale	Synthese	104	84	132
triticale + zomergerst	Analyse	80		
zomergerst	Synthese	37		
zomergerst	Analyse	32	87	59
suikerbiet	Synthese	76	56	60
suikerbiet	Analyse	79	46	48
suikerbiet + zomergerst	Analyse		12	
snijmaïs	Synthese	74	111	61
snijmaïs + zomergerst	Analyse	56	66	4
erwt + boon	Synthese	174	108	141
erwt + tagetes	Analyse	75		
erwt + bladrammenas	Analyse		21	82
aardappel	Synthese	81	101	96
aardappel + bladrammenas	Analyse	18	29	52
aardappel + stro	Analyse	50	68	46
waspeen	Synthese		84	56
waspeen	Analyse		64	54

3.2.3 Fosfaat in het grondwater

Het fosfaatgehalte in het grondwater is maar drie keer gemeten. In Tabel 5 worden de meetresultaten van de metingen in de winter van 2001-2002 en de meting van februari 2003 gegeven. Na de eerste twee meetmomenten bleken de gehalten zo laag te zijn (Tabel 8), dat verdere voortdurende analyse van het grondwater op P niet zinvol leek. Ter controle is in 2003 nogmaals het fosfaatgehalte bepaald, met opnieuw zeer lage gehalten als resultaat. De streefwaarde voor P is 0,4 mg/l, de gemeten concentraties liggen daar ruim onder. Ehlert & Koopmans (2004) gaan in hun rapport nader in op de mogelijke oorzaken van deze lage concentraties.

Tabel 8. Fosfaatconcentraties in bodemvocht (mg P/l).

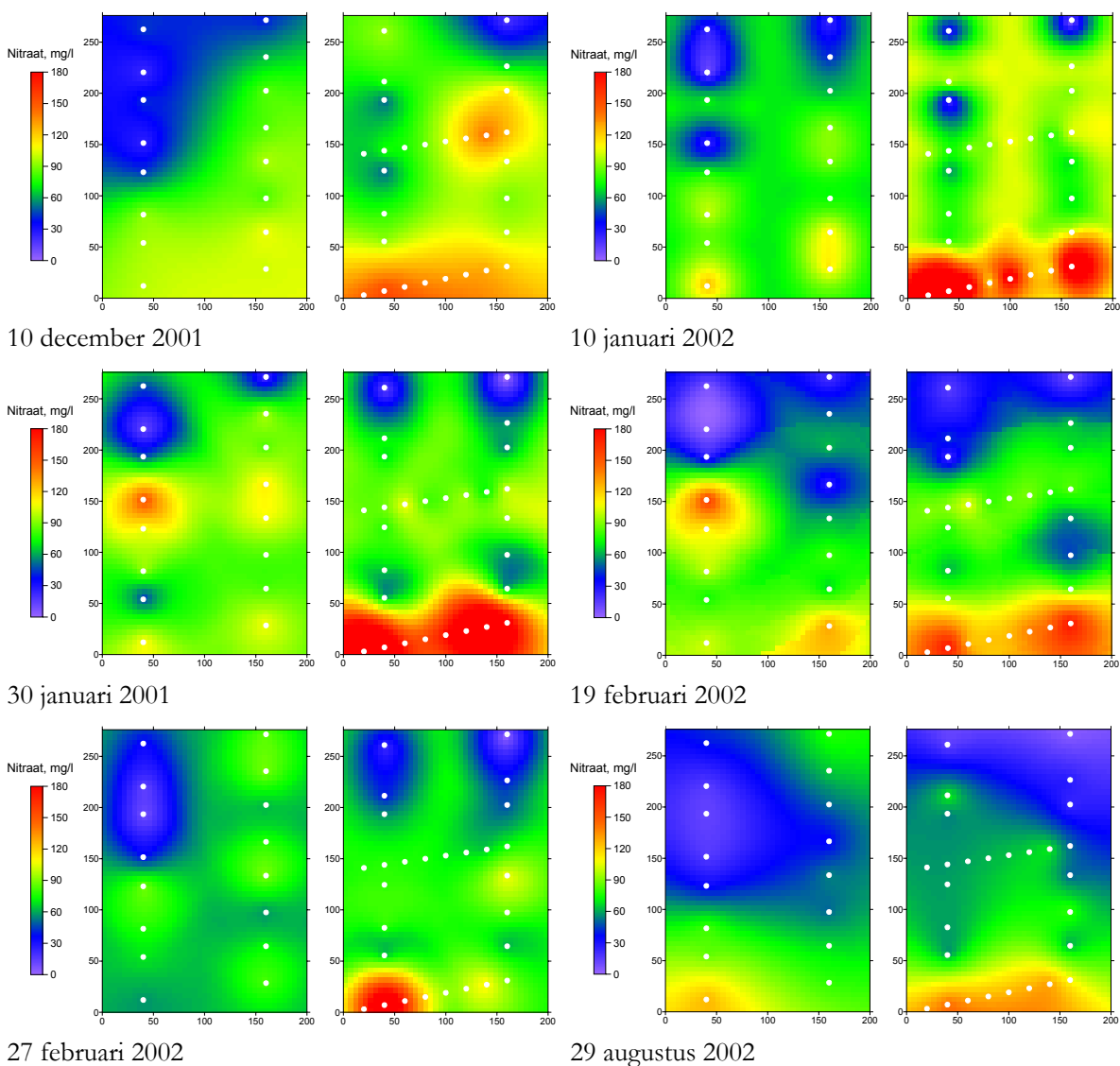
	10-12-2001	10-1-2002	13-2-2003
Analyse	0.035	0.014	0.013
Synthese	0.037	0.028	0.026

3.2.4 Ruimtelijke weergave van grondwaterkwaliteit (nitraat)

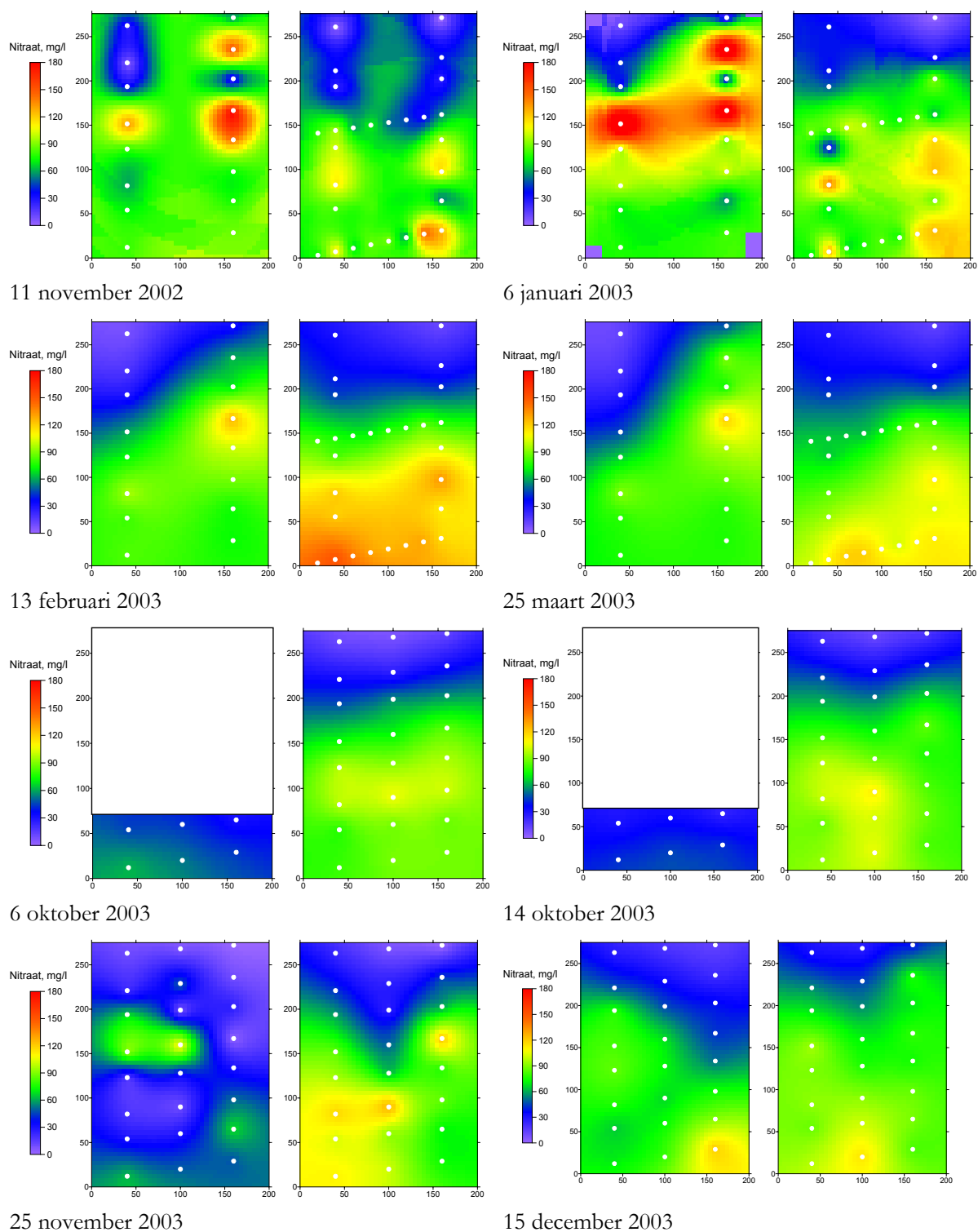
De grondwaterbuizen leveren puntgegevens op. Door middel van de geostatistische methode Kriging, worden de puntgegevens ruimtelijk geïnterpoleerd en kan een schatting van het ruimtelijke patroon van nitraatconcentraties worden gegeven. (Isaaks & Srivastava, 1989) Als de afstand tussen twee dichtstbijzijnde meetpunten groot is zal de onzekerheid van de schatting groter worden. De ruimtelijke verdeling van de meetbuizen is daarom niet optimaal. De beelden van Figuur 12 geven echter wel mooi aan hoe de ruimtelijke samenhang is van de meetgegevens, zoals deze in § 3.2.2 zijn gepresenteerd en hoe deze in de tijd verlopen.

Op de figuren van december 2001 tot en met augustus 2002 is duidelijk de verhoogde nitraatconcentratie te zien, die samenhangt met de dubbelteelt van erwten en boon op perceel 26.12 in 2001 (rechts-onder). Pas vanaf november 2002 is deze teelt herkenbaar op perceel 18.1 (links-midden). De invloed van het kanaal met de lage concentraties is zowel in de ruimte als in de tijd niet constant.

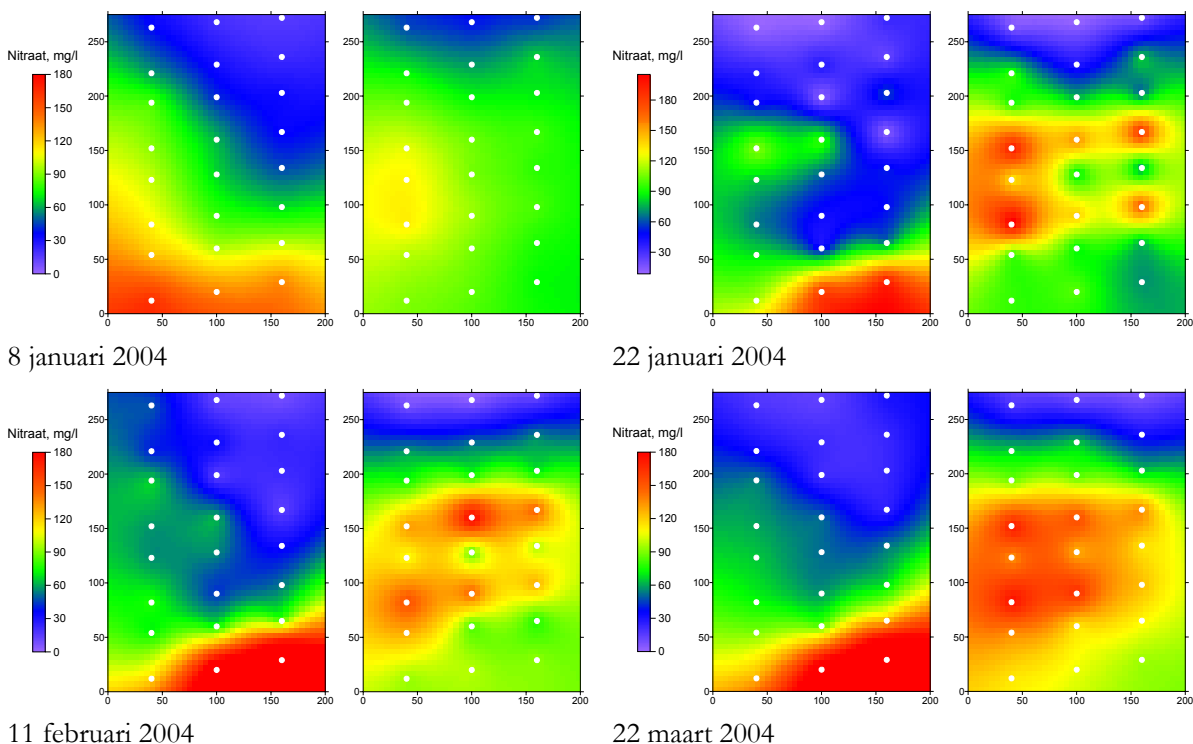
De uitspoeling uit de erwten en boon in 2003, op perceel 27, wordt duidelijk zichtbaar als gele kleur in oktober en in januari loopt de concentratie op tot ver boven de 100 mg (rode kleur). De hoge concentraties in de vroege aardappelteelt (perceel 16) begint vanaf december duidelijk te worden. De schaalverdeling is in alle plaatjes gelijk gesteld, maar de egaal rode kleur in perceel 16 vanaf 22 januari stelt een concentratie van rond de 200 mg per liter voor. In oktober zijn de percelen 17, 18 en 19 nog niet bemonsterd.



Figuur 14. Variatie in ruimte en tijd van de nitraatgehaltes (gemiddelde over 100-200 cm -mv) voor de percelen 16 t/m 19 (linker gedeelte) en 26 t/m 29 (rechter gedeelte). Getallen op de x- en y-as zijn meters. In oktober 2003 ontbraken nog enkele meetpunten in het linker kavel. Op deze meetmomenten zijn de betreffende percelen wit ingevuld.



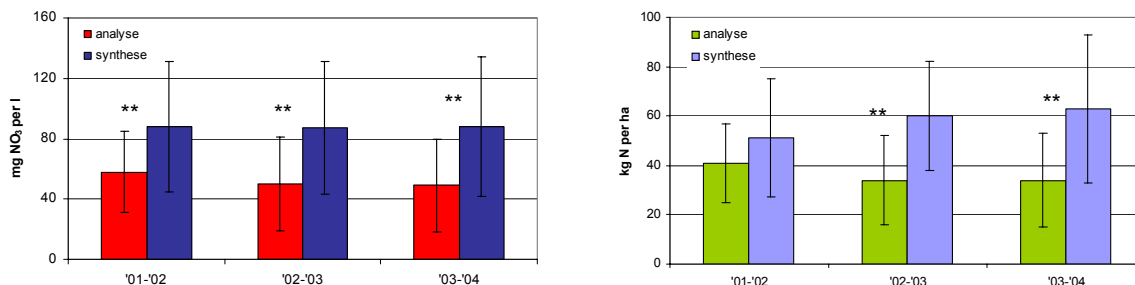
Figuur 14. (vervolg) Variatie in ruimte en tijd van de nitraatgehaltes (gemiddelde over 100-200 cm -m) voor de percelen 16 t/m 19 (linker gedeelte) en 26 t/m 29 (rechter gedeelte). Getallen op de x- en y-as zijn meters. In oktober 2003 ontbraken nog enkele meetpunten in het linker kavel. Op deze meetmomenten zijn de betreffende percelen wit ingevuld.



Figuur 14. (vervolg) Variatie in ruimte en tijd van de nitraatgehaltenes (gemiddelde over 100-200 cm -mv) voor de percelen 16 t/m 19 (linker gedeelte) en 26 t/m 29 (rechter gedeelte). Getallen op de x- en y-as zijn meters. In oktober 2003 ontbraken nog enkele meetpunten in het linker kavel. Op deze meetmomenten zijn de betreffende percelen wit ingevuld.

3.2.5 Effect van teelt en teeltmaatregelen op de grondwaterkwaliteit

De gemiddelde nitraatconcentraties van het Analyse bedrijf significant lager dan van het Synthese bedrijf. De gemiddelde concentraties per meetjaar blijken zeer constant te zijn. Als de getallen omgerekend worden naar hoeveelheden uitgespoeld N valt op dat in de uitspoeling verschillen tussen de eerste twee jaren te zien zijn. Dat kan grotendeels worden verklaard door de meetperiode, die in 2001 pas in december begon en in 2002 al vanaf de zomer. In 2003-2004 is het neerslagoverschot iets groter geweest (300 mm) dan in 2002-2003 (281).



Figuur 15. Gemiddelde nitraatconcentratie (mg NO₃/l; links) en nitraatuitspoeling (kg N/ha; rechts) per bedrijf voor twee meetseizoenen. Significante verschillen tussen Synthese en Analyse zijn aangegeven met ** ($p < 0.05$).

De verschillen tussen de bedrijfssystemen lijken er op te wijzen dat de maatregelen, zoals die in de Analysepercelen zijn getroffen, succesvol zijn. Daarmee is nog niet gezegd dat ook de norm (50 mg nitraat per liter) of de streefwaarde van 25 mg nitraat per liter zijn gehaald. In Tabel 9 wordt per meetmoment per meetseizoen aangegeven of de gemiddelde concentratie per Analyse of Synthesebedrijf significant afwijkt van de norm en van de streefwaarde.

Tabel 9. Gemiddelde nitraatconcentratie (mg NO₃/l) en standaarddeviatie per bedrijf voor alle meetmomenten en het resultaat (p-value) van een t-test tegen een vaste waarde (50 en 25 mg NO₃- per liter).

Datum	Analyse					Synthese				
	N	gem	stdev	p (50)	p (25)	N	gem	stdev	p(50)	p(25)
10-12-01	16	71	40	.050		16	88	46	.005	
10-01-02	16	59	35	.320	.001	28	114	70	.000	
30-01-02	16	60	31	.210	.000	29	120	64	.000	
19-02-02	16	48	34	.806	.015	28	100	48	.000	
27-02-02	16	59	30	.262	.000	17	76	47	.039	
29-08-02	16	40	28	.167	.049	16	75	52	.071	.002
11-11-02	16	57	39	.502	.005	28	83	40	.000	
06-01-03	16	56	33	.473	.002	29	98	53	.000	
13-02-03	16	45	32	.554	.025	28	102	51	.000	
25-03-03	16	46	32	.622	.017	28	91	42	.000	
06-10-03	14	53	39	.802	.022	14	76	40	.029	.000
14-10-03	14	51	37	.933	.022	14	77	36	.013	.000
25-11-03	23	43	33	.321	.018	24	65	40	.091	.000
15-12-03	24	51	37	.844	.002	24	84	46	.001	
08-01-04	24	53	43	.701	.004	24	100	61	.001	
22-01-04	24	49	32	.946	.001	24	105	66	.001	
11-02-04	24	49	34	.852	.003	24	104	73	.001	
22-03-04	24	54	38	.608	.001	24	114	86	.001	
2001-'02	8	58	27	.326	.000	8	88	43	.000	
2002-'03	8	50	31	.855	.003	8	87	44	.000	
2003-'04	8	49	31	.913	.001	8	88	46	.001	

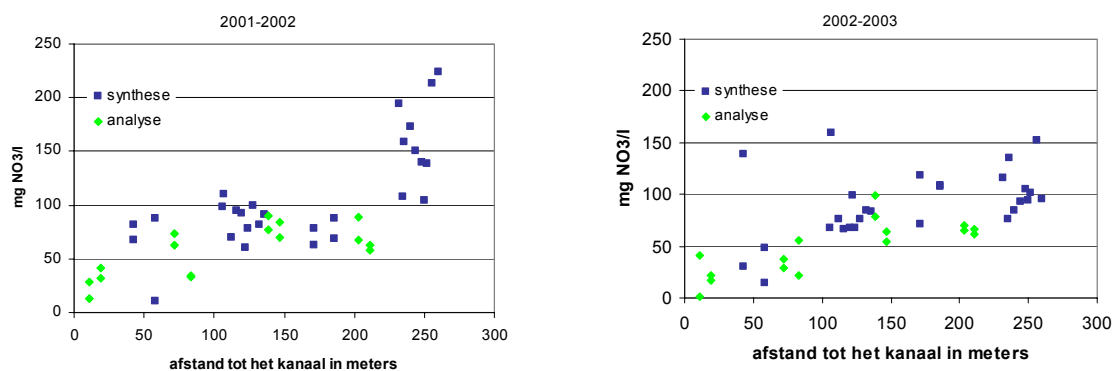
De gemiddelde waarde per seizoen is gebaseerd op gemiddelde waarden per meetdatum per perceel (n=8). Gezien de extra buizen in perceel 26.1 (hoge concentraties in erwten en boon) en 28.1 kregen die percelen een zwaarder gewicht dan de overige percelen.

De Analysepercelen zijn op vrijwel elk meetmoment *niet* significant afwijkend van de norm (50 mg NO₃ per l). Dat betekent dat in deze percelen de normwaarde gehaald is, maar niet de streefwaarde van 25 mg. Hier is de in het projectvoorstel (Zwart & Smit, 2002) geformuleerde doelstelling om op alle momenten in het jaar de norm van 50 mg/l te halen bijna bereikt. In Figuur 15 was al duidelijk dat de gemiddelde concentraties per jaar zeer weinig verschillen vertoonden, in bovenstaande tabel blijkt dat vanaf begin 2002 de gemiddelde concentraties per meetdatum in de Analysepercelen ook zeer weinig fluctuaties vertonen. De verschillen in de tijd, die op de afzonderlijke percelen te zien zijn (Figuren 10-13), middelen blijkbaar uit op bedrijfsniveau. Voor de Synthesepercelen geldt dit minder. De concentraties in de Synthesepercelen zijn, op enkele meetmomenten na, significant hoger dan de normwaarde van 50 mg NO₃ per liter. De gemiddelde waarde per seizoen zijn berekend zonder rekening te houden met de lengte van de periode tussen twee metingen. De monsterstrategie was fluxafhankelijk en tussen

de metingen is het neerslagoverschot vergelijkbaar. De in het projectvoorstel (Zwart & Smit, 2002) geformuleerde doelstelling om op alle momenten in het jaar de norm van 50 mg/l of zelfs de streefwaarde van 25 mg/l te halen is duidelijk niet gehaald.

3.2.6 Invloed van het Peelkanaal

Uit de meetresultaten blijkt dat de concentraties in de percelen 19 en 29 vrijwel altijd lager zijn dan in de overige percelen (zie ook Figuur 12) en in de Analyse 2 percelen lager is dan in de Synthesepercelen. Dit kan verband houden met het Peelkanaal, dat zeer dicht langs de percelen 19 en 29 loopt. En alle Analyse-2 percelen liggen dichterbij het Peelkanaal dan de bijbehorende Synthesepercelen. Het kan dus zijn, dat de lagere nitraatgehaltes die in de Analysepercelen wordt gevonden, voor een deel moet worden verklaard uit hun ligging. In Figuur 13 zijn voor beide meetseizoenen de concentraties uitgezet tegen de afstand van het meetpunt tot het Peelkanaal. De meetpunten van de Analysepercelen en van de Synthesepercelen zijn met verschillende kleuren aangegeven.



Figuur 16. Nitraatconcentratie op verschillende afstanden van het Peelkanaal. Linker figuur 2001-2002, rechter figuur 2002-2003.

In 2001 stond op perceel 26, het perceel dat de grootste afstand tot het kanaal heeft een dubbelteelt van erwten en boon. Dit is het gewas waar het meeste nitraat uitspoelt. Dit perceel is bovendien extra intensief bemonsterd, met 8 meetbuizen. Deze factoren zorgen ervoor dat het verband een grotere hellingshoek krijgt. In 2002 is de rotatie opgeschoven, erwten en boon staat op perceel 18, en de helling minder groot geworden. Het is waarschijnlijk dat het effect van de infiltratie uit het kanaal wel groot is, maar dat dit niet voor het gehele traject geldt. Omdat de effecten van kanaal, bedrijf (Analyse/Synthese) en zeker ook gewas hier met elkaar verstrengeld zijn is toch gekozen voor een lineaire regressie met de afstand tot het kanaal als onafhankelijke variabele. Een ander model, dat na een bepaalde afstand afvlakt is theoretisch gezien misschien mooier, maar op basis van de meetresultaten niet te onderbouwen. De diverse vergelijkingen per systeem en voor de systemen samen staan in Bijlage 1. Een analyse met zowel de afstand als het systeem (Synthese=1, Analyse=0) leverde onderstaand resultaat op. Alle coëfficiënten, behalve de constante in de eerste vergelijking, zijn significant afwijkend van 0.

2001-2002

$$\text{Nitratconcentratie} = 8,0 + 27,8 * \text{stelsysteem} + 0,445 * \text{afstand} \quad R^2_{\text{adj}} = 0,65$$

2002-2003

$$\text{Nitratconcentratie} = 23,2 + 30,3 * \text{stelsysteem} + 0,233 * \text{afstand} \quad R^2_{\text{adj}} = 0,52$$

Uit beide vergelijkingen blijkt dat de factor afstand tot het kanaal een significante invloed heeft op de nitratconcentratie, maar ook dat de invloed van het systeem (Synthese of Analyse) een veel grotere invloed heeft.

4. Conclusie

1. Meterik
 - a. De fosfaatconcentratie was op beide systemen steeds beneden de streefwaarde van 0.4 mg P per L.
 - b. Harde conclusies rond stikstof zijn moeilijk te trekken door de grote variatie in teelten en maatregelen en het zeer geringe aandeel van de Analysepercelen.
 - c. Maatregelen op Analyse hebben gedurende 2 van de 3 jaar een verlagend effect op het nitraatgehalte in het bodemvocht gehad; in het derde jaar was er geen effect zichtbaar, maar toen waren de maatregelen op Synthese ook zeer vergelijkbaar met die op Analysepercelen.
 - d. Het effect van groenbemesters of het verwijderen van gewasresten heeft soms een zeer duidelijk verlagend effect op de nitraatconcentraties, soms geen effect.
 - e. De nitraatconcentratie was in de eerste twee meetjaren onder het Analysesysteem gemiddeld niet hoger dan de EU-norm van 50 mg per L, onder het Synthese deel was dat wel het geval. De teeltmaatregelen hadden dus een duidelijk verlagend effect op de uitspoeling.
 - f. Onderwerken van mislukte (onverkoopbare) teelten leidde tot extreem hoge nitraatuitspoelingen en zou moeten worden afgeraden

2. Vredepeel
 - a. De grondwaterstanden varieerden zeer sterk binnen een jaar. Perceelsverschillen hingen vooral samen met verschillen in maaihoogte.
 - b. De fosfaatconcentratie was op beide systemen steeds beneden de streefwaarde van 0.4 mg P per L, zowel in grondwater als in bodemvocht.
 - c. De teelt van een vanggewas heeft bij maïs, suikerbiet en aardappel een gunstig effect op de nitraatconcentratie. Het vervangen van boon na erwt door een vanggewas (tagetes of bladrammenas) heeft geleid tot aanzienlijk lagere nitraatconcentraties
 - d. De nitraatconcentratie in het grondwater was onder het Analyse deel gemiddeld onder de EU-norm; onder het Synthese deel echter daar boven.
 - e. Er was een significant verlagend effect van het Peelkanaal op de nitraatconcentratie in het grondwater.
 - f. Het verlagende effect van de teeltmaatregelen op de nitraatconcentratie was hoger dan dat van het Peelkanaal.

Overall

Door middel van gerichte teeltmaatregelen is het mogelijk om op intensieve akkerbouw en groentebedrijven de EU-norm voor nitraat in het ondiepe grondwater te halen. De twee keer zo strenge streefwaarde voor Telen met toekomst werd echter niet bereikt.

Nergens was de fosfaatconcentratie hoger dan de streefwaarde, ondanks hoge Pw getallen voor de bovengrond. Dat ligt echter waarschijnlijk eerder aan de bodemeigenschappen dan aan de gunstige teeltomstandigheden.

Literatuur

- Assinck, F.B.T. & P. de Willigen, 2004.
Stikstofstromen op het kernbedrijf Vredepeel. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR.
Telen met toekomst-rapport OV0402.
- Ehlert, P.A.I. & G.F. Koopmans, 2004.
Fosfaatkarakteristieken van de bodem van de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Telen met
toekomst-rapport OV0404.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., W.A. de Boer, J.M.J. Dekkers, W.J.M. de Groot & E.J. Jansen, 1993.
Stikstofemissies naar het grondwater van geïntegreerde en gangbare bedrijfssystemen in de
akkerbouw op de proefbedrijven Borgerswold en Vredepeel. Wageningen, DLO-Staring Centrum.
Rapport 287.1.
- Isaaks, E.H. & R.M. Srivastava, 1989.
An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York.
- Vos, J.A. de & F.B.T. Assinck, 2004.
Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. Telen met toekomst-rapport OV0406.
- Zwart, K.B. & A. Smit, 2002.
Stikstof- en fosfaatverliezen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Projectplan voor het
bodemonderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'.
- Zwart, Kor, Annemieke Smit & Kees Rappoldt, 2002.
Stikstofverliezen door denitrificatie in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Telen met
toekomst-rapport OV0202, Plant Research International.

Bijlage I.

Regressievergelijkingen voor nitraatconcentraties

2001-2002 beide bedrijven
nitraatconcentratie = $17,14 + 0.505 \cdot \text{afstand}$ $R^2_{\text{adj}}=0.58$

2002-2003 beide bedrijven
nitraatconcentratie = $33,22 + 0.295 \cdot \text{afstand}$ $R^2_{\text{adj}}=0.36$

2001-2002 Analyse
nitraatconcentratie = $23.97 + 0.301 \cdot \text{afstand}$ $R^2_{\text{adj}}=0.58$

2001-2002 Synthese
nitraatconcentratie = $21,91 + 0.531 \cdot \text{afstand}$ $R^2_{\text{adj}}=0.55$

2002-2003 Analyse
nitraatconcentratie = $17.35 + 0.284 \cdot \text{afstand}$ $R^2_{\text{adj}}=0.59$

2002-2003 Synthese
nitraatconcentratie = $58.78 + 0.199 \cdot \text{afstand}$ $R^2_{\text{adj}}=0.16$

In het project 'Telen met toekomst' moet op de kernbedrijven de uitspoeling van stikstof en fosfaat op korte termijn worden teruggebracht naar een niveau dat twee keer zo laag is als de EU-norm voor nitraat voorschrijft en naar de nationale norm voor fosfaat.

Daartoe zijn er op de kernbedrijven teeltsystemen in ontwikkeling, die hier voor moeten zorgen. Op twee van de kernbedrijven, Vredepeel voor akkerbouw en Meterik voor de vollegrondsgroenteteelt, verricht Alterra op uitgebreide schaal metingen om te onderzoeken of de getroffen maatregelen ook het gewenste resultaat opleveren. Bovendien wordt onderzocht welke processen verantwoordelijk zijn voor de verliezen. Resultaten hiervan zijn gepresenteerd in eerdere (Alterra) rapporten uit deze Telen met toekomst-serie.

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van metingen aan grondwater en bodemvocht. Aan de hand van de meetgegevens worden uitspraken gedaan over het effect van maatregelen en de invloed van bepaalde gewassen op de kwaliteit van het grondwater.

Gerbert Kets, Wobbe Schuurmans en Bert van der Boom hebben de watermonsters geanalyseerd. Jan Willem van Groenigen heeft de geostatistische analyses gedaan en daarvan waterkwaliteitskaartjes gemaakt. Hiervoor onze dank.

Reeds verschenen externe rapporten

Telen met toekomst

37. Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten van 2001 tot 2004. Annemieke Smit, Kor Zwart & Jan van Kleef. Rapport OV 0416, 2004.
36. Kernbedrijf Meterik; Resultaten eerste fase. A.L. Smit & J.J. de Haan (eds.). Rapport OV 0415, 2004.
35. Variatie in afvoer nutriënten binnen Telen met toekomst; een verkenning bij consumptie-aardappelen en prei. J.W.A. Langeveld & P.W.J. Uithol. Intern rapport, 2004.
34. Organische stofopbouw en N-mineralisatie: op kernbedrijven; verfijning model MINIP. R. Postma & T.A. van Dijk. Rapport OV 0414, 2004.
33. Organische stofopbouw en N-mineralisatie; praktijktoepassing van een verbeterd model. R. Postma, T.A. van Dijk & A.G.G. van der Weijden. Rapport OV 0413, 2004.
32. Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen. Bureaustudie naar de effecten op de stikstofbalans, mineralisatie en organische stof. F.J. de Ruijter & R. Postma. Rapport OV 0412, 2004.
31. Kernbedrijf Vredepeel. Resultaten eerste fase. J.W.A. Langeveld & A.L. Smit. Rapport OV 0411, 2004.
30. Stikstofopnamecurven voor akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Doorrekenen van de gewasrotaties op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van Telen met toekomst. A.A. Pronk & K. Groenwold. Rapport OV 0410, 2004.
29. Evaluatie Nitraatprojecten, bijdrage vanuit Telen met toekomst. Hans Langeveld. Rapport OV 0409, 2004.
28. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing MINIP met resultaten 2002 en 2003. R. Postma & T.A. van Dijk. Rapport OV 0408, 2004.
27. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Eindrapport. Herbert Mombarg & Anton Kool. Rapport OV 0407, 2004.
26. Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. J.A. de Vos & F.B.T. Assinck. Rapport OV 0406, 2004.
25. Stikstofstromen op het kernbedrijf Meterik. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0405, 2004.
24. Fosfaatkarakteristieken van de bodem van de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Een gedetailleerd beeld van het bodemprofiel. P. Ehlert & G. Koopmans. Rapport OV 0404, 2004.
23. Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten. A. Smit, K.B. Zwart & J. van Kleef. Rapport OV 0403, 2004.
22. Stikstofstromen op het kernbedrijf Vredepeel. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0402, 2004.
21. Bemesting en Nmin op gewasniveau op de praktijkbedrijven van Telen met toekomst (2000-2002). F.J. de Ruijter & J. Groenwold. Rapport OV 0401, 2004.
20. Stikstofstromen op de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Mineralisatie van bodem en gewasresten. A. Smit & K.B. Zwart. Rapport OV 0304, 2003.
19. Grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit op de Telen met toekomst bedrijven in 2002. M. van den Berg & M.M. Pulleman. Rapport OV 0303, 2003.
18. AcTA: Accesdatabase Telen met toekomst – Alterra. A. Smit & K.B. Zwart. Rapport OV 0302, 2003.
17. Relaties tussen nitraat in het grondwater en potentiële indicatoren voor nitraatverlies op de voorloperbedrijven van Telen met toekomst. F.J. de Ruijter. Rapport OV 0301, 2003.
16. Telen met toekomst, voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2002. Anonymus, 2003.
15. Hoe staat het met de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater? B.M.A. Kroonen-Backbier & J.A.J.M. Rovers. Rapport WDNB03, 2003.

14. Hoe staat het met de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater? J.A.J.M. Rovers & B.M.A. Kroonen-Backbier. Rapport WZHZ03, 2003.
13. Startgiften van de stikstofbemesting in tulp. Modelstudie naar de effecten van neerslag op de stikstofbeschikbaarheid in de wortelzone. F.J. de Ruijter. Rapport OV 0206, 2002.
12. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Methodiek en rekenregels. H.F.M. Mombarg, A. Kool, W.J. Corré, J.W.A. Langeveld & W. Sukkel. Rapport OV 0205, 2003.
11. Waterretentie en waterdoorlatendheidskarakteristieken van 'Telen met toekomst' proefvelden Meterik en Vredepeel. J.A. de Vos, E.W.J. Hummelink & T.S. van Steenbergen. Rapport OV 0204, 2002.
10. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing model Janssen. R. Postma. Rapport OV 0203, 2002.
9. Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart, Annemieke Smit & Kees Rappoldt. Rapport OV 0202, 2002.
8. Gebruik van Global Positioning System (GPS) binnen 'Telen met toekomst'. Plaatsbepaling bij monsternamen op de Voorloperbedrijven'. A.L. Smit. Rapport OV 0201, 2002.
7. 'Telen met toekomst', kansen en knelpunten in zicht: Jaaroverzicht 2001. Anonymus, 2002.
6. Fosfaattoestanden op de praktijkbedrijven van 'Telen met toekomst'. Een analyse van de situatie bij de start van het project. Philip Ehlert & Gerwin Koopmans, 2002.
5. Stikstof- en fosfaatverliezen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Projectplan voor het bodemonderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart & Annemieke Smit, 2002.
4. 'Telen met toekomst', voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2000. Anonymus, 2001.
3. Detaillering projectplan 'Telen met toekomst'. Remmie Booij, Wim van Dijk, Bert Smit, Frank Wijnands, Hans Langeveld, Janjo de Haan, Annette Pronk, Jaap Schröder, Jet Proost, Harm Brinks, Peter Dekker & Philip Ehlert, 2001.
2. Projectplan 'Telen met toekomst'. Jacques Neeteson, Remmie Booij, Wim van Dijk, Janjo de Haan, Annette Pronk, Harm Brinks, Peter Dekker & Hans Langeveld, 2001.
1. Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. A.J. de Buck, F.J. de Ruijter, F. Wijnands, P.L.A. van Enckevort, W. van Dijk, A.A. Pronk, J. de Haan & R. Booij, 2000.