

## 7. Extrapolatie van de resultaten van 'De Marke' naar andere zandgronden

M.J.D. Hack-ten Broeke (*Alterra*)

### 7.1 Inleiding

Een hoofddoelstelling van proefbedrijf 'De Marke' is te voldoen aan de gestelde norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van 50 mg l<sup>-1</sup> (Aarts *et al.*, 1992; Biewinga *et al.*, 1992). Onder alle percelen van het bedrijf wordt door het RIVM eens per jaar het bovenste grondwater bemonsterd en worden de nitraatgehalten in die monsters bepaald (Boumans *et al.*, 2001). In de periode najaar 1991 – voorjaar 1995 is daarnaast een intensief meetprogramma uitgevoerd op zes verschillende lokaties binnen het bedrijf om de relatie tussen vochtvoorziening, stikstofdynamiek, gewasgroei en perceelsmanagement op 'De Marke' te bestuderen (Hack-ten Broeke & Aarts, 1996). Een belangrijk aspect bij deze interacties is de grootte van de stikstofverliezen in relatie tot bodemtype, grondwaterstanden en gewas of kavelttype.

Het bedrijfsoppervlak van 'De Marke' is ongeveer 55 ha, waarvan 56% in gebruik is als grasland en 44% voor de verbouw van maïs (Biewinga *et al.*, 1996). De verdeling van het oppervlak over de kaveltypes is: 10 ha permanent grasland (PG), 30 ha huiskavel (HK), met een rotatie van 3 jaar tijdelijk grasland en 3 jaar maïs en 15 ha veldkavel (VK), met een rotatie van 3 jaar tijdelijk grasland en 5 jaar maïs. Bij de rotatie van maïs (met Italiaans raaigras als vanggewas) en gras is het uitgangspunt dat na het scheuren van het grasland extra mineralisatie optreedt en dat de vrijkomende stikstof (N) door de maïs kan worden opgenomen. De bemestingsstrategie is aangepast aan deze verwachte mineralisatie en ook de bemestingswaarde van het ondergeploegde Italiaans raaigras wordt meegerekend. De bemestingsstrategie op 'De Marke' is uitgebreid beschreven door Hilhorst & Oenema (2001).

'De Marke' is gelegen op droogtegevoelige grond (Dekkers, 1992) en onder droge omstandigheden zijn de stikstofverliezen door uitspoeling vaak hoger dan bij goede vochtvoorziening. Het is natuurlijk interessant om te na te gaan of het mogelijk is te voldoen aan de nitraatdoelstelling van 'De Marke' onder dergelijke moeilijke omstandigheden. Wanneer dat het geval is, is het aannemelijk dat zowel de economische doelstellingen als de milieudoelstellingen op andere lokaties in de zandgebieden gemakkelijker gerealiseerd zouden kunnen worden. Daarom is onderzocht tot welke resultaten het landgebruik van 'De Marke' zou leiden op de vijf meest voorkomende zandgronden in Nederland.

Voor deze extrapolatie zijn simulatiemodellen gebruikt voor de beschrijving van water- en stikstofdynamiek in de bodem. Deze modellen zijn getoetst (gecalibreerd en gevalideerd) aan de waarnemingen van de zes meetplekken uit de periode 1991-1995. Om vertaling van het landgebruik van 'De Marke' naar andere omstandigheden, zoals lokatie en weer, mogelijk te maken is het noodzakelijk beslisseregels op te stellen voor het perceelsmanagement. Zo zijn er beslisseregels opgesteld in relatie tot het weer voor bemesting, voor beweiding, maaien en beregenen van grasland en voor zaaien en oogsten van maïs. De variatie tussen jaren, als gevolg van verschillen in weersomstandigheden kan dan worden doorgerekend. De modellen zijn toegepast voor een reeks van 30 weerjaren op alle percelen van 'De Marke' en voor vijf andere Nederlandse zandgronden (Schut & Hack-ten Broeke, 1997). Voor die zandgronden is steeds één representatief bodemprofiel geselecteerd, dus er is geen rekening gehouden met ruimtelijke variabiliteit binnen de gekozen kaartenheden van de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

Eerst worden de metingen en modellen kort beschreven en wordt een vergelijking gemaakt tussen modelresultaten en waarnemingen. Vervolgens wordt nader ingegaan op de gevolgde werkwijze bij de

extrapolatie van het landgebruik van de verschillende kaveltypen van 'De Marke' naar andere zandgronden. Tenslotte wordt ingegaan op de vraag of het landgebruik van 'De Marke' perspectieven biedt voor het realiseren van de Europese drinkwaternorm voor nitraat op de Nederlandse zandgronden.

## 7.2 Monitoring van vochtthuishouding en nitraatconcentraties in de periode 1991-1995 en de daaruit berekende uitspoeling

Op basis van de in 1990 uitgevoerde bodemkartering van 'De Marke' zijn zes meetlokaties geselecteerd, verspreid over de kaveltypen van het proefbedrijf en de voorkomende bodemtypen en grondwatertrappen. Zo lagen er twee proefplekken op blijvend grasland, waarvan één op een droge lokatie (op perceel 9) en één op een relatief natte plek (op perceel 17). Hetzelfde gold voor de huiskavel met meetplekken op percelen 11 en 19 en voor de veldkavel met meetplekken op percelen 2 en 21. Voor de meetplekken wordt dezelfde nummering gehanteerd als voor de percelen waarop ze zijn gelegen.

Op deze lokaties is gedurende de periode van najaar 1991 tot voorjaar 1995 minimaal tweewekelijks de vochttoestand gemeten in de vorm van enerzijds grondwaterstanden en verder drukhoogten en vochtgehalten op 8 diepten (10, 20, 30, 40, 60, 90, 120 en 150 cm – mv.). Ongeveer eens per maand (afhankelijk van het neerslagoverschot) zijn nitraatconcentraties bepaald in monsters uit 20 poreuze cups op 1 m – mv. per meetplek of (indien bemonstering van cups niet mogelijk was vanwege te droge omstandigheden) in het bovenste grondwater, bemonsterd in 8 grondwaterbuizen per meetplek (Hackten Broeke *et al.*, 1996; Hackten Broeke & De Groot, 1996). Op basis van de gegevens over de vochttoestand in relatie met het gewas en de meteorologische gegevens, kan per meetlokatie het watertransport naar het grondwater worden berekend. Gecombineerd met de nitraat-N-concentraties levert dat een uitspoeling in kg N per ha op. In Tabel 7.1 zijn voor de kalenderjaren binnen de meetperiode de jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentraties en de bijbehorende berekende uitspoeling gegeven.

Tabel 7.1. Gemiddelde nitraatconcentratie (Conc., mg l<sup>-1</sup>) en N-uitspoeling (Uitsp., kg ha<sup>-1</sup>) per kalenderjaar per meetplek (PG = permanent grasland; HK = huiskavel; VK = veldkavel).

Meetplek (kaveltype)	1992		1993		1994	
	Conc.	Uitsp.	Conc.	Uitsp.	Conc.	Uitsp.
2 (VK)	194	*	100	45	51	39
9 (PG)	111	42	130	110	69	96
11 (HK)	48	22	45	32	66	57
17 (PG)	23	1	45	44	19	21
19 (HK)	46	3	35	52	26	39
21 (VK)	181	74	41	42	4	6

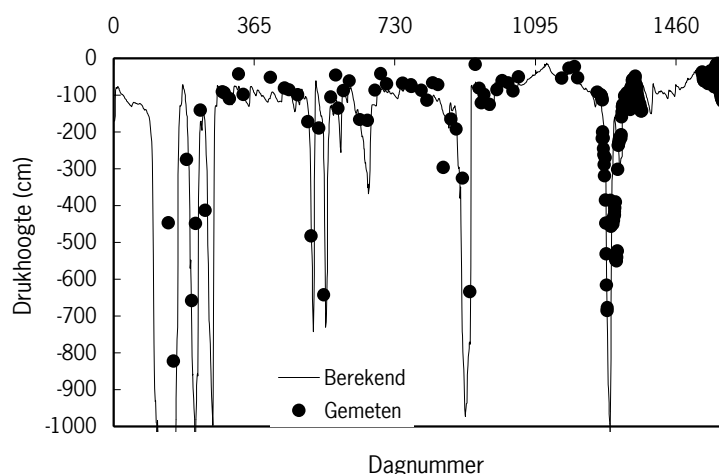
\* = niet berekend

Op de nattere meetplekken (17, 19 en 21) waren de gemiddelde nitraatconcentraties veelal beneden de vooraf gestelde norm van 50 mg l<sup>-1</sup> nitraat. In de tabel valt bovendien op dat vergelijkbare gemiddelde concentraties het resultaat kunnen zijn van zeer verschillende hoeveelheden N-uitspoeling als gevolg van verschillen in neerslagoverschot.

De overige N-verliezen zijn op de meetplekken slechts beperkt gemeten. In 1994 is de denitrificatie uit de bovenste 20 cm gemeten en deze bedroeg op meetplek 9 ongeveer 14 kg N per ha en op meetplek 17 ongeveer 30 kg N per ha (Corré, 1996).

## 7.3 Simulatiemodellen

De deterministische modellen SWACROP en ANIMO zijn gebruikt voor de simulatie van respectievelijk de water- en stikstofdynamiek in de bodem. Het model SWACROP beschrijft de vochthuishouding in de onverzadigde zone voor een gelaagd bodemprofiel (Feddes *et al.*, 1988). ANIMO beschrijft de koolstof- en stikstofhuishouding in de bodem in onderlinge samenhang (Rijtema & Kroes, 1991). Gekoppeld aan SWACROP, simuleert ANIMO deze aspecten voor de onverzadigde zone. Als invoer voor berekeningen met deze modellen zijn gegevens nodig voor de beschrijving van de zogenaamde boven- en onderrandvoorwaarde, voor de begintoestand en voor de procesbeschrijvingen. Na een modeltoets in de vorm van calibratie en validatie van de modellen, kunnen ze worden gebruikt voor extrapolatie. Indien voldoende weerjaren binnen het experiment zijn meegenomen, kan bijvoorbeeld een vertaling plaatsvinden naar andere weerjaren. Ook kunnen berekeningen plaatsvinden voor andere abiotische omstandigheden, zoals bodemtype en grondwatertrap. Deze andere omstandigheden moeten niet te ver verwijderd zijn van die in de modeltoets. Een geslaagde modeltoets voor de zandgronden van 'De Marke' betekent bijvoorbeeld niet, dat de modellen ook kunnen worden gebruikt voor kleigronden.

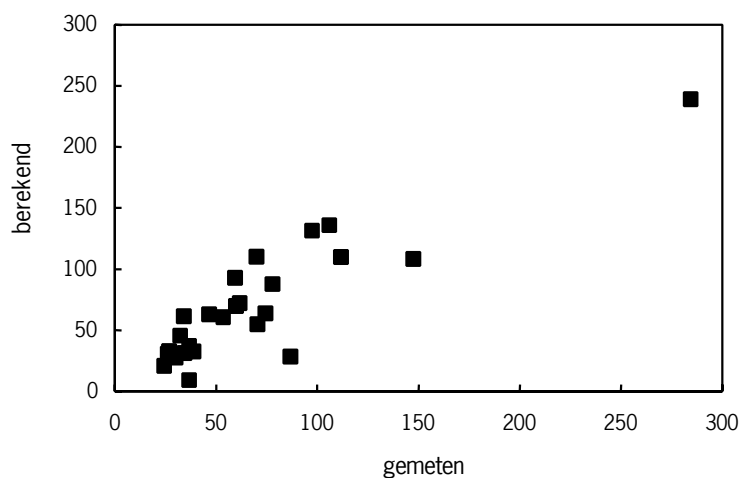


Figuur 7.1. Gemeten en berekende drukhoogten op 30 cm – mv. voor meetplek 9 voor 1 januari 1991 (dagnummer 1) tot 31 maart 1995 (dagnummer 1582).

### 7.3.1 Modelcalibratie en -validatie

Voor de calibratie en validatie van SWACROP en ANIMO zijn gegevens gebruikt uit de meetperiode 1991-1995. Op het proefbedrijf zijn in die periode dagelijks meteorologische gegevens en gewasgegevens verzameld die zijn gebruikt voor de berekening van de bodem- en gewasverdamping (bovenrand). Voor de onderrand zijn de gemeten grondwaterstanden gebruikt. De begintoestand is afgeleid van de gemeten vochttoestand in 1991. Bodemfysische parameters, gegevens over berekening, bemesting en perceelsmanagement waren allen voorhanden voor alle meetlokaties (Hack-ten Broeke, 2000). Bij calibratie worden modelparameters aangepast binnen vooraf gestelde grenzen, totdat de resultaten voldoende overeenkomen met de metingen. Bij de berekeningen voor 'De Marke' zijn als calibratieparameters binnen SWACROP alleen parameters voor beschrijving van wateropname door de

wortels gebruikt en binnen ANIMO alleen parameters voor de beschrijving van zuurstofdiffusie in de bodem. Bij validatie worden deze parameters ongewijzigd gelaten en wordt gekeken naar de overeenkomst tussen modeluitvoer en waarnemingen voor een andere set gegevens. Bij de calibratie zijn in dit geval de gegevens gebruikt voor de periode 1991 tot voorjaar 1993 en de resterende gegevens tot voorjaar 1995 zijn gebruikt bij de validatie. In Figuur 7.1 is ter illustratie van het resultaat van calibratie en validatie van SWACROP, de drukhoogte op 30 cm – mv. gegeven voor meetplek 9 voor de gehele periode. Resultaten voor alle meetplekken zijn gegeven door Hack-ten Broeke *et al.* (1996). Alle metingen aan vochtgehalten en drukhoogten zijn gebruikt voor de toetsing van de modelresultaten van SWACROP. De modelresultaten van ANIMO zijn vergeleken met de gemeten concentraties en de beschikbare metingen van de N-balans, zoals opname door de gewassen,  $N_{min}$  (minerale stikstof in het bodemprofiel)-gehalten en mineralisatie (Aarts, 1996). Voor de nitraatconcentraties is het resultaat van ANIMO gegeven in Figuur 7.2.



Figuur 7.2. Vergelijking van gesimuleerde en gemeten seizoensgemiddelde nitraatconcentraties op 1 m – mv. voor de zes meetplekken in de periode 1991-1995.

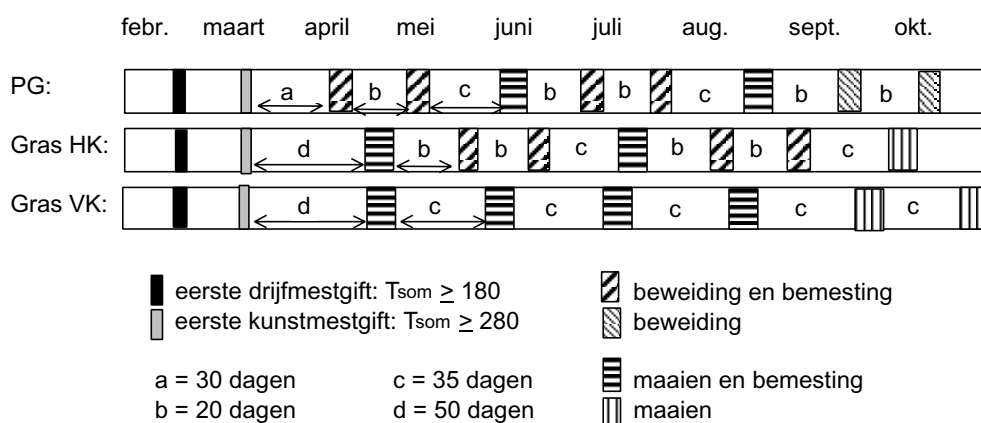
### 7.3.2 Beslisregels

Voor de extrapolatie naar andere jaren en andere zandgronden zijn beslisregels nodig voor de kwantitatieve beschrijving van het landgebruik en met name het perceelsmanagement per kaveltypen. Deze beslisregels voor bemesting van gras en maïs, graslandgebruik en berekening zijn opgesteld in overleg met deskundigen op 'De Marke' en uitgebreid beschreven door Schut & Hack-ten Broeke (1997).

Voor bemesting wordt eerst de op het bedrijf beschikbare drijfmest verdeeld over de gewassen en kaveltypen. Eerst wordt berekend hoeveel mest nodig is voor de maïspcelen op basis van vochtleverend vermogen en verwachte mineralisatie. Vervolgens wordt op basis van de fosfaatbehoefte de benodigde drijfmestgift voor de blijvend graslandpercelen berekend. Alle overige drijfmest wordt vervolgens verdeeld over de percelen tijdelijk grasland. Kunstmest wordt gebruikt om aan de resterende stikstofbehoefte te voldoen, berekend volgens het verfijnde stikstofbemestingsadvies (Agterberg *et al.*, 1993). De stikstofjaargift voor grasland op 'De Marke' komt daarmee uit op een effectieve (werkzame) hoeveelheid N van ongeveer 250 kg per ha.

De bemesting van grasland en het graslandgebruik op de verschillende kaveltypen kan schematisch worden weergegeven zoals in Figuur 7.3. De eerste drijfmestgift vindt plaats bij een temperatuursom van 180 d°C, maar altijd na 15 februari en voor 1 maart. De eerste kunstmestgift wordt gegeven bij een temperatuursom van 280 d°C, maar altijd na 15 en voor 31 maart. Voor beide handelingen geldt dat dit

binnen de gestelde periode gebeurt als de grond voldoende bewerkbaar is, namelijk als de drukhoogte in de bodem op 5 cm – mv. lager is dan een kritieke waarde ( $b = -70$  cm), maar nog steeds uiterlijk op respectievelijk 1 en 31 maart. Behalve in de aangegeven mestgiften wordt ook N aangevoerd via weidemest tijdens de beweidingsperioden. Bij de berekeningen wordt tijdens de beweiding uitgegaan van een dagelijkse toevoeging van weidemest.



Figuur 7.3. Schematische weergave van graslandgebruik voor de drie kaveltypen van 'De Marke' (PG = permanent grasland; HK = huiskavel; VK = veldkavel).

Berekening vindt alleen plaats op blijvend grasland en op de huiskavel als de drukhoogte in het midden van de wortelzone lager wordt dan  $b = -500$  cm ( $pF = 2,7$ ). Er wordt op grasland niet berekend tijdens beweiding of twee dagen voorafgaand aan beweiding of maaien. Tijdens de veldperiode na een maaisnede wordt ook niet berekend. Maïs wordt gezaaid op 25 april en geoogst op 25 september. Onder de maïs wordt Italiaans raaigras gezaaid.

### 7.3.3 Werkwijze berekeningen

Op basis van de opgestelde beslisregels is in eerste instantie voor 'De Marke' een extrapolatie uitgevoerd in de tijd met de modellen SWACROP en ANIMO. Hiervoor is een reeks gegevens voor 30 weerjaren gebruikt van meteorostation De Bilt. Voor de 56 percelen (van elk 1 ha groot) is gerekend met het dominante bodemtype per perceel volgens de beschikbare bodemkaart van het bedrijf (Dekkers, 1992). Het grondwaterstandsverloop over het jaar is per perceel gesimuleerd met behulp van een sinusfunctie met een correctie voor de neerslag per jaar en maaiveldshoogte (Schut & Hack-ten Broeke, 1997). Voor de zes meetplekken leverde deze methode vergelijkbare nitraatconcentraties op als bij gebruik van het gemeten grondwaterstandsverloop.

Vervolgens zijn simulaties uitgevoerd voor andere zandgronden. Hiervoor zijn binnen de zandgebieden de vijf meest voorkomende kaartenheden geselecteerd van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Voor deze landsdekkende bodemkaart zijn de gegevens verzameld vanaf 1963 tot en met 1996. Eerst zijn de meest voorkomende bodemeenheden bepaald en per bodemeenheid is bekeken welke grondwatertrap (Gt) de grootste oppervlakte vertegenwoordigde. Het resultaat is weergegeven in Tabel 7.2. De bodemeenheid Hn21 bijvoorbeeld komt binnen de zandgronden voor op 244.177 ha en daarbinnen komt met name Gt VI voor en wel op 119.172 ha (Schut & Hack-ten Broeke, 1997). In de tabel zijn voor de karakterisering van de Gt de bijbehorende klasse-indeling van GHG (Gemiddelde

Hoogste Grondwaterstand) en GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) gegeven. Binnen deze vijf kaarteenheden is Gt III de ‘natste grondwatertrap’ en voor die Gt is gerekend met een GHG van 17 cm – mv. en een GLG van 103 cm – mv. Gt VII is de ‘droogste Gt’, waarbij is gerekend met een GHG van 100 cm – mv. en een GLG van 190 cm – mv. (Schut & Hack-ten Broeke, 1997). Voor de kaarteenheden zijn karakteristieke bodemprofielen samengesteld op basis van alle beschikbare informatie uit het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) volgens een door De Vries (1994) beschreven methode. Voor elke bodemlaag zijn vervolgens fysische karakteristieken afgeleid uit textuurgegevens met behulp van continue functies (Wösten *et al.*, 1995). Voor de berekeningen is uitgegaan van bodemkundig homogene bedrijven, dus met dezelfde bodem en Gt voor alle 56 percelen en hierop is het landgebruik van ‘De Marke’ in de vorm van de gepresenteerde beslisseregels geprojecteerd.

Tabel 7.2. *De vijf meest voorkomende kaarteenheden in de Nederlandse zandgebieden met bijbehorende GHG- en GLG-klasse\*.*

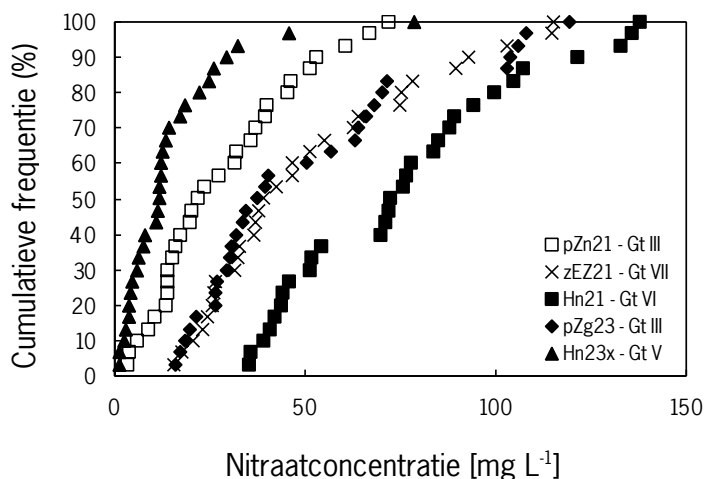
Bodemeenheid - Gt	Beschrijving	GHG	GLG
Hn21 - VI	Leemarme veldpodzolgrond	40-80	> 120
zEZ21 - VII	Leemarme enkeerdgrond	80-140	> 120
pZg23 - III	Sterk lemige beekerdgrond	< 40	80-120
Hn23x - V	Sterk lemige veldpodzolgrond met keileem	< 40	> 120
pZn21 - III	Leemarme gooreerdgrond	< 40	80-120

*GHG en GLG staat voor Gemiddeld Hoogste en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand*

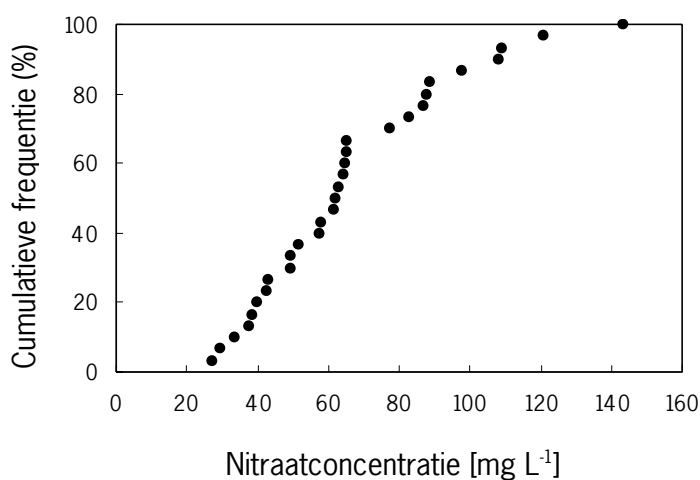
### 7.3.4 Resultaten extrapolatie

Voor ‘De Marke’ zijn de resultaten van de berekeningen voor 30 jaar en 56 percelen in Figuur 7.4 gepresenteerd als een frequentieverdeling van de gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie voor het hele bedrijf. De gemiddelde concentratie uit deze verdeling is 67 mg l<sup>-1</sup> nitraat, en die waarde is vergelijkbaar met de uit metingen berekende veeljarig gemiddelde concentratie voor het bovenste grondwater van 70 mg l<sup>-1</sup> nitraat (Boumans *et al.*, 2001). Uit Figuur 7.4 blijkt verder dat de kans op overschrijding van de EU-drinkwaternorm van 50 mg nitraat per liter volgens deze frequentieverdeling 67% is. De hoogste gemiddelde concentraties in de figuur corresponderen met droge jaren en de laagste concentraties met nattere jaren.

Eenzelfde frequentieverdeling kan worden geproduceerd voor de fictieve bedrijven op de vijf doorge-rekende homogene kaarteenheden. In Figuur 7.5 zijn de 30 gemiddelde concentraties per jaar en per bedrijf weer als frequentieverdeling weergegeven. De verschillen tussen de frequentieverdelingen zijn alle significant (getoetst met variantie-analyse), behalve voor de resultaten van de kaarteenheden zEZ21-VII en pZg23-III. In Tabel 7.3 is een aantal kengetallen van de concentraties per bedrijf en per kavelttype opgenomen.



Figuur 7.4. Cumulatieve frequentieverdeling van de gemiddelde nitraatconcentratie per jaar op 1 m – mv. voor 'De Marke'.



Figuur 7.5. Cumulatieve frequentieverdeling van de gemiddelde nitraatconcentratie per jaar en per bedrijf op 1 m – mv. voor vijf kaartenbeden.

Alleen voor de meest voorkomende kaartenheid (veldpodzolgrond Hn21 op Gt VI) zijn de berekende concentraties hoger dan voor 'De Marke'. Voor alle andere gronden zijn de concentraties lager en is de kans op overschrijding van de gestelde norm lager dan 50% (vergeleken met gemiddelde waarden per jaar, dus de gegeven kans geeft aan hoe vaak de jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentratie hoger zal zijn dan 50 mg l<sup>-1</sup>). Het blijft natuurlijk de vraag of er op deze manier met de EU-drinkwaternorm mag worden vergeleken, maar voor de onderlinge vergelijking van de kaartenheden is die vraag niet relevant. Opvallend zijn de verschillen tussen gras en maïs en met name tussen de kaveltypen. Het blijvend grasland vertoont steeds de hoogste gemiddelde concentratie en de veldkavel, met het grootste aandeel maïs, de laagste concentratie, behalve voor de veldpodzolgrond met keileem Hn23x waar de concentraties in alle situaties laag zijn. Deze verschillen zijn een direct gevolg van de verschillen in gewasrotatie, beweidings-, bemestings- en beregeningsregime.

Tabel 7.3. Gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentraties op 1 m – mv. voor de vijf meest voorkomende kaartenbeden per bedrijf, per kaveltipe (PG-permanent grasland, HK-huiskavel, VK-veldkavel) en per gewas en de kans op overschrijding van de EU-drinkwaternorm van 50 mg l<sup>-1</sup>.

Kaartenheid	Gemiddelde nitraatconcentratie (mg l <sup>-1</sup> )						Kans op overschrijding 'norm' (%)
	Bedrijf	PG	HK	VK	Maïs	Gras	
Hn21 - VI	76	117	75	58	67	86	73
zEZ21 - VII	50	74	54	33	45	57	40
pZg23 - III	50	83	47	38	41	59	43
Hn23x - V	15	12	18	14	16	16	3
pZn21 - III	28	35	28	26	26	31	17

## 7.4 Conclusies

1. Voor 'De Marke' is een veeljarige bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie op 1 m – mv. berekend van 67 mg l<sup>-1</sup> en de kans op overschrijding van de EU-drinkwaternorm van 50 mg l<sup>-1</sup> is voor die diepte en diezelfde veeljarige reeks 67%. Dat betekent dat er op 'De Marke' nog extra inspanningen nodig zijn om te voldoen aan de gestelde nitraatnorm.
2. Voor vier veel voorkomende Nederlandse zandgronden, samen in totaal 101.477 ha omvattend, is berekend dat het landgebruik van 'De Marke' zou leiden tot lagere nitraatconcentraties dan op 'De Marke' zelf. Op de kaartenheid met de grootste oppervlakte in Nederland (Hn21-VI, voorkomend op 119.172 ha) zouden de concentraties iets hoger zijn dan op 'De Marke'.
3. De nitraatconcentraties zijn bijna altijd het hoogst onder beweide grasland en het laagst onder de veldkavel, als gevolg van verschillen in gewasrotatie, bemestings-, beweidings- en beregeningsregime. Het verdient aanbeveling om bodemgebruik met het hoogste uitspoelingsrisico, zoals beweide grasland, uit te voeren op de minst uitspoelingsgevoelige gronden, zoals de meeste nattere gronden, en vice versa. Binnen de meeste landbouwbedrijven komen meerdere bodemtypen voor, dus door de juiste combinaties van bodem en bodemgebruik is milieuwinst mogelijk.
4. Als de gemiddelde nitraatconcentratie per jaar en per bedrijf op 1 m – mv. gebruikt mag worden voor vergelijking met de EU-drinkwaternorm, blijkt uit deze studie dat op de meest voorkomende zandgronden het landgebruik van 'De Marke' zou leiden tot het voldoen aan die norm.



## 8. Extrapolatie van de resultaten van ‘De Marke’ via prototyping in ‘Koeien & Kansen’

*G.J. Koskamp (CLM), J. Oenema (Plant Research International) & P.J. Galama (Praktijkonderzoek Veehouderij)*

### 8.1 Inleiding

In Nederland zijn ongeveer 35.000 melkveehouderijbedrijven. Deze bedrijven worden de komende jaren steeds nadrukkelijker geconfronteerd met voorwaarden met betrekking tot de duurzaamheid in ecologische (onder andere belasting van het milieu), agrarisch-technische (onder andere bodemvruchtbaarheid) en sociaal-economische zin.

Het doel van het project ‘Koeien & Kansen’ is het ontwikkelen en demonstreren van voorbeelden van maatschappelijk gewenste bedrijfssystemen voor een breed spectrum van bedrijven in Nederland. Het demonstreren van die bedrijfssystemen gebeurt op een aantal praktijkbedrijven. Elk bedrijf is representatief voor een deel van de Nederlandse melkveehouderij, en samen zijn de bedrijven representatief voor de melkveehouderijsector als geheel. Bedrijven zijn niet alleen object van onderzoek, maar ook onderzoekspartner, met inbreng van ervaring, kennis en visie. Het project is begin 1999 van start gegaan met 12 melkveebedrijven. Eind 1999 zijn 5 melkveebedrijven op lichte zandgrond aan de groep toegevoegd naar aanleiding van de nitraatdiscussie en de daaruit ontstane aanscherping van de verliesnormen (Aarts, 2001).

Met betrekking tot ‘maatschappelijk gewenst’ geldt:

- bedrijven zijn ecologisch duurzaam: de verliezen van mineralen naar het milieu en het gebruik van bestrijdingsmiddelen, energie en grondstoffen zijn beperkt en belang wordt gehecht aan de kwaliteit van natuur, landschap en dierlijk welzijn;
- bedrijven zijn agrarisch-technisch duurzaam: ze handhaven de bodemvruchtbaarheid, voorkomen ophoping van zware metalen in de bodem en houden de gezondheid van het vee op een landbouwkundig aanvaardbaar niveau;
- bedrijven zijn sociaal-economisch duurzaam: de rentabiliteit is voldoende en de werkomstandigheden zijn acceptabel.

Waar mogelijk zijn harde, controleerbare criteria (duurzaamheidsnormen) geformuleerd. In de eerste drie jaar zal aan de doelstellingen met betrekking tot beperking van mineralenverliezen het meeste gewicht worden toegekend. Concreet geldt dat de aangescherpte MINAS-verliesnormen in het boekjaar 2000/2001 moeten zijn gerealiseerd, in plaats van in 2003. Daarnaast zijn normen opgesteld voor verschillende thema's: gewasbescherming, energie en broeikasgassen, zware metalen, water en natuur. Als realisatie van de MINAS-eindnorm voor stikstof niet resulteert in een nitraatconcentratie van ten hoogste 50 mg l<sup>-1</sup> in het bovenste grondwater zal van de deelnemers een grotere inspanning worden gevraagd. Om dat te kunnen bepalen, worden de nitraatgehalten in de bovenste meter van het grondwater en in het oppervlaktewater (drains) gemeten.

De doelstelling met betrekking tot beperken van de mineralenverliezen komt in deze bijdrage aan de orde. Daarbij wordt de aandacht alleen gericht op stikstof (N)<sup>7</sup>. Fosfaat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) komt niet aan de orde. Allereerst worden in Sectie 8.2 (Materiaal en methoden) de toegepaste methode bij de selectie van de

<sup>7</sup> Hoewel stikstof in de strikte zin van het woord geen mineraal is, wordt die terminologie hier gebruikt om aan te sluiten bij beleid en praktijk