

Toetsing van STONE 2.0 aan enkele stroomgebieden

Toetsing van STONE 2.0 aan enkele stroomgebieden

H.P. Oosterom
P. Groenendijk

Alterra-rapport 723.2

Alterra, Wageningen, 2004

REFERAAT

Oosterom, H.P. & P. Groenendijk, 2004. *Toetsing van STONE 2.0 aan enkele stroomgebieden*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 723.2. 58 blz.; 27 fig.; 23 tab.; 12 ref.

Model STONE wordt gebruikt voor de berekening van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Berekende decadicijfers op plotniveau zijn geconverteerd tot gemiddelde jaar- en seizoencijfers op stroomgebiedsniveau.

Bij de ontwikkeling van STONE en in vorige STONE-evaluaties zijn modelresultaten vergeleken met gemeten oppervlaktewaterconcentraties. Het betreft het stroomgebied van de Schuitenbeek (zand), het peilbeheersgebied Bergambacht (laagveen). Voor deze toetsing zijn de twee deelstroomgebieden aangevuld met 2 afwateringseenheden binnen het stroomgebied van de Regge (zand). In de toets zijn voor zover als mogelijk de volgende aspecten beoordeeld: waterbalans, bemesting, N- en P-concentraties oppervlaktewater en vrachten.

Trefwoorden: bemesting, computermodel, emissie oppervlaktewater, fosfor, nutriënten, stikstof, STONE, stroomgebieden

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 723.2. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Toetsing aan gegevens van het peilgebied Bergambacht	17
2.1 Gebiedsbeschrijving	17
2.1.1 Bodem, landgebruik en hydrologie	18
2.1.2 Bemesting	18
2.1.3 Gemeten en berekende waterafvoeren	19
2.1.4 Gemeten en berekende nutriëntenconcentraties	20
2.2 Analyse	25
2.3 Conclusies	26
3 Toetsing aan gegevens van het Schuitenbeekgebied	29
3.1 Gebiedsbeschrijving	29
3.1.1 Bodem, landgebruik en hydrologie	29
3.1.2 Bemesting	30
3.1.3 Gemeten en berekende waterafvoeren	32
3.1.4 Gemeten en berekende nutriëntenconcentraties	33
3.2 Analyse	36
3.3 Conclusies	38
4 Toetsing aan gegevens van het gebied ten oosten van Diepenheim	39
4.1 Gebiedsbeschrijving	39
4.1.1 Bemesting	40
4.1.2 Waterbalans	42
4.1.3 Gemeten en berekende nutriëntenconcentraties	43
4.2 Analyse	44
4.3 Conclusies	45
5 Toetsing aan gegevens van het gebied rondom Weerselo	47
5.1 Gebiedsbeschrijving	47
5.1.1 Bemesting	48
5.1.2 Waterbalans	49
5.1.3 Gemeten en berekende nutriëntenconcentraties	50
5.2 Analyse	51
5.3 Conclusies	55
Literatuur	57

Woord vooraf

Om een oordeel te geven over de kwaliteit van het model STONE is toetsing noodzakelijk. Na de oplevering van STONE 2.0 (juni 2002) heeft de stuurgroep opdracht gegeven de STONE-resultaten te toetsen aan stroomgebieden, waarvan een lange reeks van gemeten waarden voor handen is. De resultaten van de toetsing zijn gepresenteerd en besproken tijdens de workshop van 6 mei 2002.

Ten behoeve van de toetsing zijn ook andere deelprojecten gestart. De resultaten omtrent de CIW-enquête zijn terug te vinden in het deelrapport 'Landelijke Watertoets' van Portielje *et al.* (2002).

Vergelijking van simulatieresultaten van STONE 2.0 en ANIMO met meetgegevens van veldexperimenten is gerapporteerd door Ter Horst & Wolf (2002).

Dit deelrapport richt zich op de toetsing van STONE2.0 en 2.0a aan de N- en P-concentraties in het oppervlaktewater van enkele stroomgebieden.

De toets heeft betrekking op gesimuleerde concentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater, waaraan een schematisatie ten grondslag ligt en waar binnen 'vaste' waarden zijn toegekend aan de invoervariabelen. Om een uitspraak te kunnen doen over de realiteit van de berekende concentraties in relatie met de gemeten concentraties in het oppervlaktewater, is een waarde oordeel over de onderdelen die als invoer zijn gebruikt tijdens deze toets, op zijn plaats. Daarbij moet men denken aan het historische en huidige bemestingsniveau, gewasopname, de retentiefactor van het oppervlaktewater, de berekende en gemeten waterafvoeren om uiteindelijk vrachten en concentraties naar en in het oppervlaktewater naar waarde te kunnen beoordelen.

Samenvatting

De toetsing van de STONE-resultaten is uitgevoerd op het gebied Bergambacht (voor 99% agrarisch), het Schuitenbeekgebied (voor 50% agrarisch) en 2 stroomgebieden, die beiden binnen het ws Regge en Dinkel vallen (>75% agrarisch). Andere kenmerken van deze gebieden staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1 Globale gebiedskenmerken van de verschillende stroomgebieden

	grondsoort	ha	Aantal STONE-plots
Bergambacht	klei op veen, laagveen	2683	40
Schuitenbeek	zand	7394	94
Weerselo	zand	9150	189
Diepenheim	zand	4671	174
Beerze-Reusel	Zie BOREAS-project bij RIZA (De Blois, 2001 en De Blois 2002)		

Om te kunnen toetsen is het van belang te weten in hoeverre de schematisatie in overeenstemming is met de regionale actoren.

Voor het gebied Bergambacht is de bemesting goed bekend. Voor de andere gebieden kan globaal een schatting van de bemesting worden gemaakt. De fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van de bodem (een maat voor de P-voorraad in de bodem) is een ruwe schatting van de historische P-bemestingen, die voortvloeien uit de schematisatie. Er zijn geen onderzoeken bekend waarin de werkelijke FVG in het veld is gemeten. De gewasopname is alleen goed bekend van Bergambacht. Het berekenen van nutriëntenvrachten uit de gemeten waterafvoeren en gemeten concentraties is voor het gebied Bergambacht nogal complex doordat jaarlijks grote hoeveelheden water worden ingelaten ten behoeve van het peilbeheer van het gebied zelf en achterliggende polders. De reeks beekafvoeren van de Schuitenbeek is niet volledig en in de stroomgebieden van het Regge-gebied zijn de afvoeren onbekend. Als de waterafvoeren niet nauwkeurig en continue zijn gemeten, is het niet mogelijk om betrouwbare N- en P-vrachten te berekenen. Het enige betrouwbare dat dan nog overblijft voor de toets zijn de gemeten N- en P-concentraties in het oppervlaktewater, waarbij rekening gehouden moet worden met de plausibiliteit van de retentiefactor (>0 en <1).

De frequentie van de metingen hangt af van het afvoerpatroon en de reservoirfunctie die voor elk gebieden anders is. Ook de beschikbare financiële middelen en mankracht spelen hierbij een rol. In het peilgebied van Bergambacht vinden de bemonsteringen 1x per maand plaats. In het Schuitenbeekgebied 1x per week. De frequentie van de metingen in het Regge-gebied is niet bekend. We beschikken enkel over de resultaten van jaargemiddelden van 10 monsterpunten.

STONE-versie 2.0 heeft als invoer de bemesting van de MV5 (MilieuVerkenningen 5) en versie 2.0a heeft als invoer de bemesting, zoals die recentelijk gebruikt is voor de EMB (Evaluatie van het Mestbeleid 2002). Voor beide versies is de emissie naar

het oppervlaktewater berekend. De concentraties zijn berekend door de nutriëntenvruchten te delen door de waterafvoer. In tabel 2 staan de gemeten waarden en de uitkomsten van de STONE-berekeningen voor de 2 bemestings-scenario's.

Tabel 2 Gemiddelde waarden van de oppervlaktewaterconcentraties in de metingen en de berekeningen.

	Gem. N-conc. (mg/l)			Gem. P-conc. (mg/l)		
	gemeten	berekend (1991-2000)		gemeten	berekend (1991-2000)	
		MV5	EMB2002		MV5	EMB2002
Bergambacht	3.4	23.5	10.2	0.65	1.97	0.84
Schuitenbeek	5.7	12.1	13.6	0.27	1.03	0.86
Diepenheim	6.7	11.3	11.9	0.17	0.56	0.32
Weerselo	5.6	12.4	15.4	0.17	0.45	0.22

Naast de gemiddeld jaarlijkse concentraties is ook getoetst op de seizoenen (zomer en winter). Berekende verschillen tussen zomer en winter kunnen enkel verklaard worden uit de afstand, waarover de stoffen zich in het grondwater door bodem en ondergrond verplaatsen. Tijdens het verblijf doen zich chemische, fysische en biologische processen voor, afhankelijk van de bodemeigenschappen in één of meerdere bodemlagen. De afvoer naar het oppervlaktewater wordt binnen het model ANIMO aangeleverd door het model SWAP, die voor 3 drainageniveaus de verdeling aangeeft. Bij relatief lage grondwaterstanden zullen de stroombanen dieper gaan in de richting van op grotere afstand gelegen ontwateringsmiddelen, zoals weteringen en kanalen. De verblijftijd van dit type grondwater is groot en zal langer onder invloed staan van de processen, die in de bodem optreden.

De samenvatting van de dynamiek gedurende de seizoenen staat beschreven in tabel 3 en 4.

Tabel 3 Resultaat toetsing N-concentraties oppervlaktewater

	Niveau (ber/gem)	Trend	Dynamiek	
Bergambacht	3.0	+	gemeten: zomer laag winter hoog	berekend: zomer hoog winter laag
Schuitenbeek	2.4	+	gemeten: zomer laag winter hoog	berekend: zomer en winter geen verschil
Diepenheim	1.8	+		nvt
Weerselo	2.7	?+		nvt

Tabel 4 Resultaat toetsing P-concentraties oppervlaktewater

	Niveau (ber/gem)	Trend	Dynamiek	
Bergambacht	1.3	+	gemeten: zomer hoog winter laag	berekend: zomer hoog winter laag
Schuitenbeek	3.0	-	gemeten: zomer laag winter hoog	berekend: natjaar: winter>zomer droogjaar: winter<zomer
Diepenheim	1.9	-		nvt
Weerselo	1.3	?+		nvt

De aanwezigheid van eutrofiërende stoffen in het oppervlaktewater is belangrijk voor de ecologie en de biologische processen in het slootmilieu in samenhang met watertemperatuur, lichtintensiteit en de interacties met de slootbodem. Het model ANIMO binnen STONE berekent de veranderingen in het grondwater dat zijn weg vindt via de gemodelleerde stroombanen in de bodem. Veranderingen, die optreden tijdens het passeren van slootbodems en door de biologische activiteit in het oppervlaktewater zijn gemodelleerd in oppervlaktewaternutriëntenmodellen. Het model STONE houdt met deze processen geen rekening. Op dit moment is men binnen Alterra druk bezig dergelijke modellen te ontwikkelen en operationeel te maken. Deze modellen zijn gericht op de denitrificatie van nitraat en opname van nutriënten door waterplanten en waterdieren. Biologisch materiaal kan zich verzamelen en/of worden verwijderd door kroosvissen of baggeren. In beide gevallen is er sprake van een afname van de hoeveelheid nutriënten in het slootmilieu. Het verschil tussen de emissie naar het oppervlaktewater en de nutriëntenafvoer uit een afwateringsgebied wordt weergegeven met een retentiefactor. Deze factor geeft aan hoeveel van de stof na aankomst in het oppervlaktewater, na verloop van tijd verdwenen is (tabel 5).

Tabel 5 Retentiefactoren berekend op basis van de gemiddelde jaarconcentraties in de periode 1991-2000 en de gemiddelde waarde van de metingen

	Stikstof		Fosfor	
	MV5	EMB2002	MV5	EMB2002
Bergambacht	0.86	0.67	0.67	0.22
Schuitenbeek	0.53	0.58	0.73	0.68
Diepenheim	0.41	0.44	0.70	0.48
Weerselo	0.55	0.64	0.62	0.23

1 Inleiding

Het model-STONE wordt o.a. gebruikt voor de berekening van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Deze informatie verschaft inzicht in het verloop de N- en P-concentraties in het oppervlaktewater, die het gevolg zijn van veranderingen in het landelijk gebied, in de vorm van bemestingsscenario's. Tevens kan het dienen ter ondersteuning van de ontwikkeling van oppervlaktewaterkwaliteitsmodellen. De informatiebehoefte van derden is heel divers en varieert van decadegegevens op plotniveau tot langjarig gemiddelden op nationaal niveau.

Na de oplevering van STONE 2.0 (juni 2002) is de plausibiliteit van de uitkomsten beoordeeld aan de hand van de resultaten van STONE 1.3 en gemeten waarden in het oppervlaktewater. Het resultaat van deze toets is samengevat in tabel 6.

Tabel 6 Beoordeling plausibiliteit STONE 2.0 voor toepassing als historisch repro-/interpolatiemodel

	Landelijk	Stroomgebieden
N-belasting oppervlaktewater regionaal	Gem conc. in toevoer >1.5 x meetw landb. beïnv. gebieden (CIW-enquête)	
P-belasting oppervlaktewater regionaal	Gem conc. in toevoer >1.5 x meetw landb. beïnv. gebieden (CIW-enquête)	Sterke overschatting Schuitembeek, Bergambacht

Om de prestaties van het STONE-model te toetsen worden gemeten concentraties en gemeten afvoeren vergeleken met door het model berekende emissievrachten uit geselecteerde plots, die gezamenlijk het afwateringsoppervlak van het gebied vormen.

In dit rapport wordt de toets beschreven, die heeft plaatsgevonden in een aantal afwateringseenheden: het peilgebied Bergambacht, het stroomgebied van de Schuitembeek en 2 deelstroomgebieden van de Regge. In de eerste 2 gebieden zijn in het verleden reeds de nodige studies verricht, zodat een lange reeks van metingen beschikbaar is om een toets te kunnen uitvoeren. Om de conclusies op meerdere afwateringsgebieden te kunnen baseren, zijn in het kader van het Euroharp-project 2 deelstroomgebieden geselecteerd, die gelegen zijn in het waterschap Regge en Dinkel. De metingen blijven voor deze gebieden beperkt tot de jaargemiddelden, ontleend uit de CIW-enquête (Portielje *et al.*, 2002).

Voor het stroomgebied Beerze en Reusel is de toets uitgevoerd door het RIZA in het kader van het BOREAS-project (De Blois, 2001 en de Blois, 2002)



Fig. 1 Ligging van de toetsgebieden

Na de oplevering van STONE 2.0 zijn in een later stadium ten behoeve van de EMB modelverbeteringen doorgevoerd, die te maken hadden met de inconsistentie van berekeningen en uitkomsten. Deze veranderingen zijn samengebracht in de nieuwe STONE-versie 2.0a. De verschillen hiervan met STONE 2.0 zijn de volgende:

- De berekende NLV (stikstofleverendvermogen van de bodem) en NwDose (stikstof, die vrijkomt uit de bemesting) hebben in QUADMODO voor de gras- en maïsploots de waarde gekregen, zoals deze berekend zijn volgens de FARMIN-schematisering;
- In het ANIMO concept is nu opgenomen, dat onafhankelijk van de veebezetting, alle grasland beweid wordt. Dit is gedaan om consistentie in de QUADMODO berekeningen te krijgen;
- Tevens is in het ANIMO-concept opgenomen dat de fractieverdeling van organisch-N in weidemest voor 50% uit Nr en voor 50% uit Ne bestaat. Oorspronkelijk werd organische N voor 100% toegekend aan Nr. Dit leidde tot problemen bij de berekening;
- De N- en P-fracties van de gewasresten worden in ANIMO opgelegd voor een periode van 15 jaar. Aanvankelijk werd hiervoor de QUADMODO-uitvoer van het eerste jaar gebruikt. Dit eerste jaar is niet representatief voor de gehele periode. Dit is ondervangen door de fracties af te leiden van het 8-ste jaar van de 15-jarlijkse periode ;
- In ANIMO is de bufferconcentratie voor fosfor aangepast, om een betere verdeling te krijgen van opgelost en geadsorbeerd/neerslag fosfaat. Voor alle gronden is de bufferconcentratie nu vastgesteld op 90 mg/l P.

Voor de EMB2002 is met STONE 2.0a gerekend. In het kader van de EMB is de verdeling van de historische bemesting over de verschillende gebruiksvormen gewijzigd, waardoor deze in veel gevallen zal afwijken van de bemesting, die in de

MV5 is gebruikt. De landelijke toets, beschreven door Portielje *et al.* 2002 behandelt de verschillen en de consequenties hiervan op nationaal niveau. In dit rapport zullen de verschillen tussen stroomgebieden aan de orde komen.

Toetsing van de STONE-resultaten aan meetgegevens van de stroomgebieden, in dit rapport beschreven, is uitgevoerd met de volgende datasets:

- N- en P-concentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater, berekend met STONE 2.0 met als bemesting het IN-scenario van het MV5 instrumentarium;
- N- en P-concentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater, berekend met STONE 2.0a met de bemesting van EMB2002 (tot 2000 is de bemesting voor alle EMB-scenario's gelijk);
- N- en P-metingen in het oppervlaktewater van de stroomgebieden.

2 Toetsing aan gegevens van het peilgebied Bergambacht

2.1 Gebiedsbeschrijving

Het peilgebied Bergambacht is een veenweidegebied in de Krimpenerwaard, ten westen van Schoonhoven, begrensd door de Lek, de Vlist en enkele kaden langs hoofdwaterlopen. Het gebied wordt gekarakteriseerd door brede sloten en smalle kavels, waarvan de gemiddelde breedte ca. 30 m. bedraagt. Het totale oppervlak van het peilgebied bedraagt ca. 2570 ha, waarvan 15% open water is.

Het gebied Bergambacht is waterhuishoudkundig een complex gebied. Overtollig water wordt uitgeslagen op de Lek door het gemaal De Hoekse Sluis. In tijden van waterbehoefte wordt op 3 plaatsen water ingelaten vanuit de Lek en de Vlist, waaronder bij het gemaal. Het grootste gedeelte van het ingelaten water verlaat het gebied weer naar achtergelegen polders. Door de structuur van het oppervlaktewaterstelsel en de breedte van de sloten hebben veel sloten een aanvoer-, afvoer- en een reservoirfunctie.

Voor het gebied Bergambacht is in het verleden een uitgebreid monsterprogramma opgezet en uitgevoerd. In het najaar van 1991 is een begin gemaakt met de eerste bemonsteringen van het oppervlaktewater. In 1993 is het aantal locaties uitgebreid tot 7 monsterpunten, verspreid over het gebied. Vanaf 1996 worden er op 25 locaties éénmaal per maand bemonsteringen uitgevoerd.

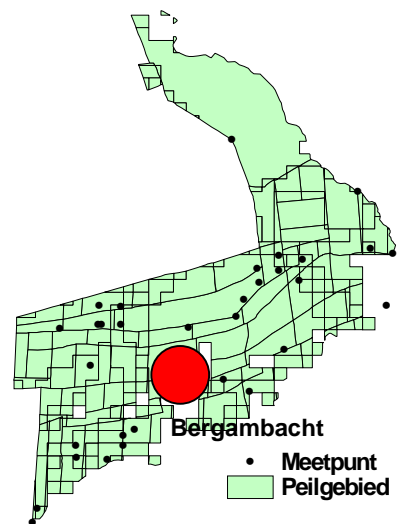


Fig. 2 Peilgebied Bergambacht met meetpunten in het openwater

Volgens de STONE-schematisatie is het peilgebied samengesteld uit ca. 40 plots (ook wel UC's genoemd), die slechts voor een gedeelte in het gebied liggen, waarvan het gezamenlijk oppervlak 2683 ha. is, grotendeels bestaande uit veengronden (85%) en voor het overige uit kleigronden. Van deze 40 plots (UC's) ligt gemiddeld 6% van het totale plotareaal in het gebied Bergambacht.

2.1.1 Bodem, landgebruik en hydrologie

Langs de Lek bevindt zich een smalle strook rivierklei op veen van 1 tot 2 km breed. Het peilgebied bestaat voor het grootste deel uit veengronden met een venig kleidek. Naarmate de afstand tot de rivieren groter wordt, neemt de dikte van het kleidek af. De ondergrond van nagenoeg het gehele peilgebied bestaat uit eutroof bos- en broekveen.

Ruim 1800 ha. van alle cultuurgrond bestaat uit vrijwel uitsluitend graslanden. De grondwatertrap (Gt) van alle voorkomende bodemeenheden is II, met uitzondering van een strook rivierklei (Gt III).

In het peilgebied treedt voornamelijk kwel op. De kwelintensiteit is het hoogst langs de rivieren (0,5 mm per dag) en neemt af in noordelijke richting tot 0 mm per dag. De rivierkwel bevat nutriëntenconcentraties van ca. 0,5 mg/l N en 0,25 mg/l P. Naar het noordwesten gaand nemen de nutriëntenkwelconcentraties toe tot waarden van 25 mg/l N en 2,5 mg/l P. In de omgeving van de waterwinning Bergambacht is sprake van enige wegzijging van 0,5-1,0 mm per dag voor een beperkt oppervlak.

2.1.2 Bemesting

De ontwikkeling in de melkveehouderij heeft ertoe geleid dat vanaf 1985 het aantal melkkoeien per ha. sterk is gedaald. De overheid heeft met name in dit gebied vrijkomende melkquota opgekocht. Naast de rundveehouderij is het houden van fokzeugen en mestvarkens een nevenactiviteit, die slechts een geringe bijdrage (10%) levert aan de totale mestproductie.

In 1993 is een modelstudie voor dit gebied uitgevoerd naar de effecten van beheersmaatregelen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater door Hendriks *et al.* 1994. Om de bemesting goed in kaart te brengen zijn voor deze studie vergaderingen belegd met 2 Mineralen-Praktijk-Groepen (MPG's). Tijdens deze bijeenkomsten zijn aan de orde geweest: de historische bemesting en het efficiëntere gebruik van meststoffen in de landbouw. De informatie is vertaald naar invoerdata voor berekeningen met ANIMO. De bemesting van de jaren negentig is aangevuld met informatie van de WLTO-vertegenwoordiger in het projectteam Bergambacht ten behoeve van het project OPTIMIX (Hendriks *et al.* 2002). De aanvoer van fosfor uit de dierlijke mest voldoet aan de P-behoefte. Incidenteel wordt P-kunstmest in het voorjaar toegediend, waardoor het gemiddeld kunstmestgebruik regionaal neerkomt op ca.1 kg/ha P. Het stikstofbemestingsniveau is vrij laag en ligt op dit moment op

ca. 200 kg/ha N. De werkzame stikstof uit de drijfmest wordt aangevuld met kunstmest tot aan de voederbehoefte is voldaan.

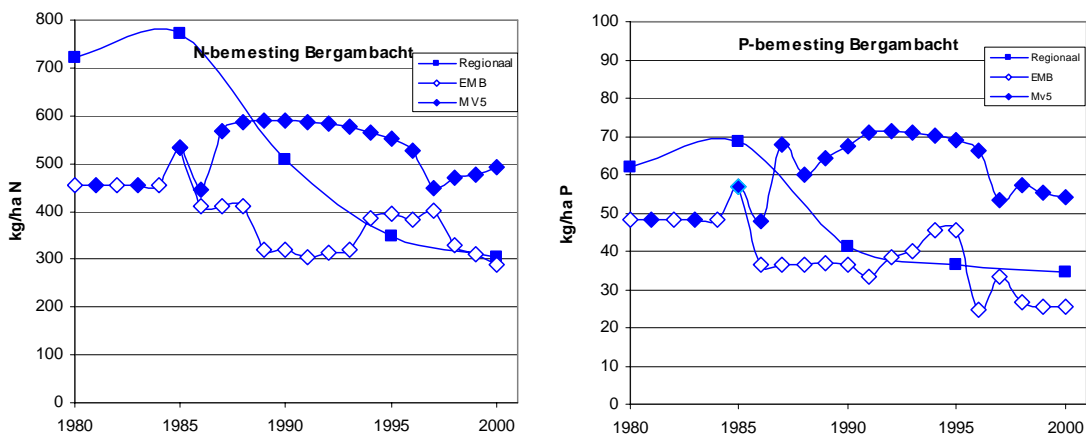


Fig. 3 Bemesting Bergambacht binnen de regio en in het Stone-instrumentarium MV5 en EMB

In figuur 3 blijken de verschillen in bemesting nogal groot te zijn tussen wat regionaal bekend is en wat als invoer dient voor STONE 2.0 (MV5) en STONE 2.0a (EMB2002). De regionale bemesting kan afwijken met de STONE-bemesting, omdat de schematisatie uitgaat van een LEI regio. Voor eenzelfde bodemgebruik is de bemesting voor een groot gebiedsoppervlak overal hetzelfde. De verschillen in bemesting tussen de STONE-versies hebben te maken met een verandering van de mestverdeling over de verschillende bodemgebruiksvormen en N-behoefte van de verschillende gewassen.

In beide scenario's is er sprake van een ruime P-kunstmestgift van 8 tot 11 kg/ha P. De fosfaatverzadigingsgraad (FVG) van de bodem is berekend op 28%.

2.1.3 Gemeten en berekende waterafvoeren

Voor de jaren 1995 t/m 1998 is een schatting gemaakt van de hoeveelheid ingelaten water. Niet alleen voor de polder Bergambacht wordt water ingelaten maar ook voor de achterliggende lager gelegen polders. De waterhuishouding is complex. Tijdens droge jaren is 20-50% van het ingelaten water noodzakelijk voor eigen peilbeheer en infiltratie. Het percentage open water is bepalend voor de grootte van aanvoer ten behoeve van peilbeheer. De diepte van de grondwaterstand in de zomer bepaalt de behoefte aan infiltratiewater.

In tabel 7 staan voor enkele jaren de berekende en gemeten waterhoeveelheden weergegeven. In de periode 1993-2000 is 1998 een nat jaar en 1997 een droog jaar.

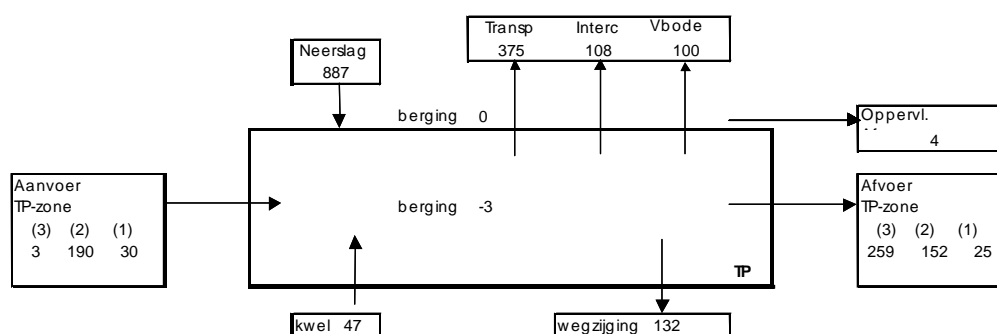
Tabel 7 Aan- en afvoer (mm) van waterhoeveelheden in het peilgebied Bergambacht

Jaar	Inlaat(gem)	Infiltr(ber)	Afvoer(gem)	Afvoer(ber)
1993	?	186	857	460
1994	?	187	851	578
1995	320	247	620	349
1996	445	257	479	268
1997	458	208	467	257
1998	203	142	1027	683

Er is een behoorlijke discrepantie tussen de gemeten en berekende waarden. De netto-wegzijing over deze jaren is berekend op gemiddeld 70 mm, terwijl er regionaal sprake is van een negatieve netto-wegzijing. Het verschil in de berekende en werkelijke kwel-/wegzijgingsintensiteit, werkt uiteraard door in de afvoeren zoals uit tabel 7 blijkt.

De waterbalans voor het gebied Bergambacht ziet er in het jaar 1999 (een gemiddeld weerjaar) over het gehele profiel (TP-profiel:0 tot 13m-mv) als volgt uit:

1999



<u>Balansposten</u>	mm
Neerslag	887
Infiltratie uit oppvlwater	223
Kwel	47
Bergingsverschil	- 3
Transpiratie+interceptie +bodemverdamping	- 583
Afvoer naar oppvlwater	- 440
Wegzijing	- 132

2.1.4 Gemeten en berekende nutriëntconcentraties

Gedurende 8 jaar (1991-1999) is in het polderwater regelmatig de kwaliteit gemeten, zodat een goed beeld is ontstaan over het verloop van de N- en P-concentraties.

Op één en dezelfde dag zijn meerdere locaties bemonsterd, hetgeen een grote variatie aan concentraties oplevert. Als we ons beperken tot het aantal locaties die een lange

historie hebben in de bemonstering, dan krijgen we een evenwichtig beeld in relatie tot gemiddelden en standaardafwijking. Deze benadering geeft tevens de mogelijkheid om een trend in het jaar- en seizoenverloop (zomer en winter) aan te geven.

Voor *stikstof* staan de gemeten waarden individueel en geclusterd in figuur 4.

Het ruimtelijke beeld van alle bemonsteringen laat pieken en dalen zien, hoewel in de dalen (zomerhalfjaar) plaatselijk ook nog verhoogde concentraties kunnen voorkomen van 4 á 5 mg/l N. In het winterhalfjaar komen de uitschieters boven de 10 mg/l N uit. Hoewel in Bergambacht in de tweede helft van de jaren negentig de nodige maatregelen getroffen zijn om de kwaliteit te verbeteren (baggeren, kroosvissen, terugdringen van de bemesting), blijkt dit niet direct uit de trendlijn voor het wintergemiddelde. Door sommige maatregelen is mogelijk het ecologisch evenwicht verstoord. De verwachting is dat door de verbetering resultaten op langere termijn wel zichtbaar zullen worden. Ook kunnen de verschillen ontstaan door de jaarlijkse neerslaghoeveelheden, die sterk uiteen kunnen lopen en hun invloed hebben op het neerslagoverschot.

De gemiddelde concentraties in de winterperiode schommelen rond 4 mg/l N en in de zomerperiode rond de 3 mg/l N. De concentraties in de zomer bij het inlaatpunt-gemaal verschillen nauwelijks van wat er elders in de polder gevonden wordt. In de wintermaanden liggen de N-concentraties bij het gemaal enkele tienden mg/l lager. De seizoenverschillen zijn op deze locatie minder duidelijk.

Voor *fosfor* staan de gemeten waarden in figuur 5.

Het ruimtelijk beeld van alle monsterpunten geeft een band van meetwaarden waarbinnen zowel de zomer- als winterwaarden vallen, terwijl er in het zomerhalfjaar regelmatig pieken voorkomen met waarden boven de 1,5 mg/l P.

Letten we op het gemiddelde verloop van de 7 monsterpunten dan zien we dat de hoogste concentraties in de zomer voorkomen. Dit patroon is omgekeerd t.o.v. van het stikstofverloop.

De P-concentraties op het inlaatpunt-gemaal liggen tijdens het zomerseizoen lager dan in de polder. De verhoogde concentraties in het polderwater gedurende de zomermaanden kunnen dus niet worden toegeschreven aan waterinlaat. Interne gebeurtenissen zoals verstoring van het slootmilieu door baggerwerkzaamheden of door processen in afgestorven plantenmateriaal, waardoor eutrofiërende stoffen weer vrijkomen en afgegeven worden aan de waterfase, kunnen de oorzaak zijn. De winterconcentraties hebben voor de verschillende jaren onderling een ruime marge. De trend in de tijd laat enigszins een verlaging zien. De wintergemiddelden schommelen rond de 0,5 mg/l P. De zomergemiddelden liggen met ca. 0,65 mg/l P duidelijk iets hoger met ook daarin jaarlijks grote verschillen.

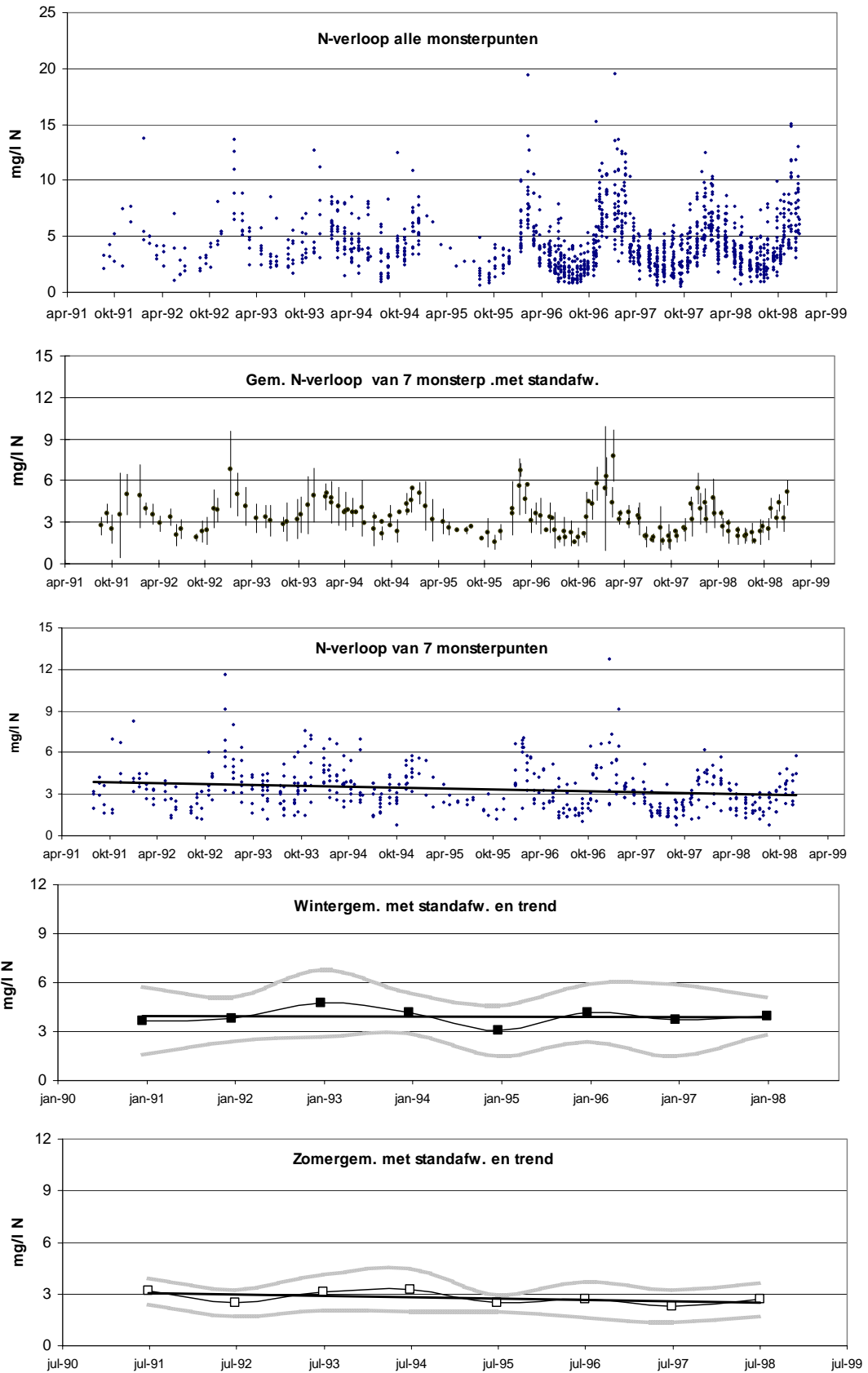


Fig. 4 Gemeten Tot.N-gehalten in het peilgebied Bergambacht

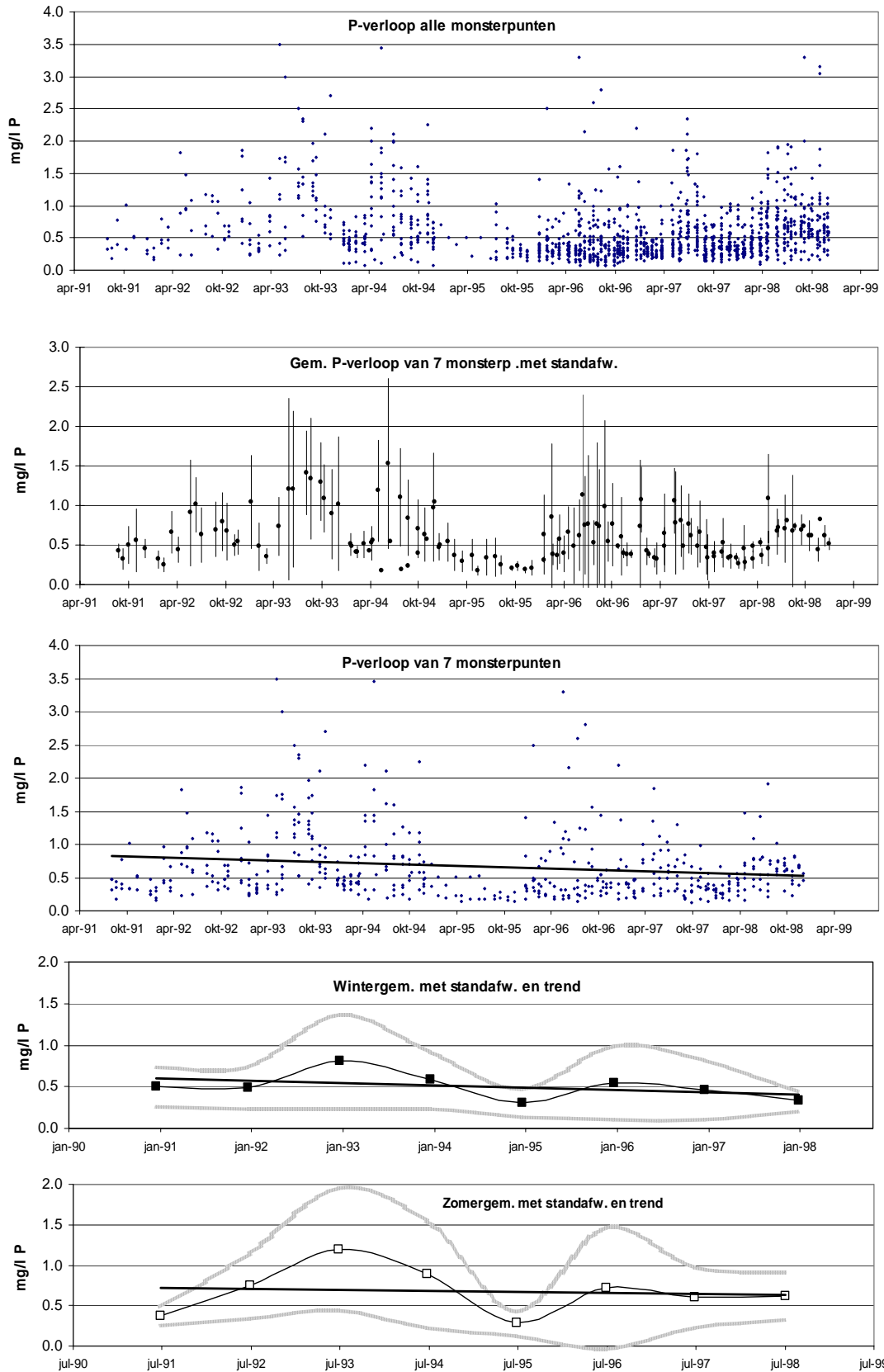


Fig. 5 Gemeten Tot.P-gehalten in het peilgebied Bergambacht

De STONE-uitvoer op decadebasis is geclusterd tot kwartaalgegevens en vervolgens tot jaarresultaten. Gelet op de seizoensdynamiek (fig. 6) die zichtbaar wordt in de uitkomsten van STONE, kunnen we concluderen dat de zomerconcentraties over het algemeen hogere waarden hebben dan de winterconcentraties. De berekende concentraties komen tot stand op basis van de aanwezige grondwaterconcentraties, die op hun beurt op elke diepte weer verschillen op grond van de stromingsdynamiek van het grondwater, die in de bodem plaatsvindt. Naarmate de grondwaterstand daalt, zal de stroming door de bodem naar het oppervlaktewater dieper door het profiel gaan. De concentraties in de diepere lagen krijgen dan meer invloed op de uiteindelijke concentraties in de toevoer naar het oppervlaktewater. Wanneer sprake is van nutriëntrijke kwel zal deze duidelijk invloed hebben op de gehalten in de diepere lagen.

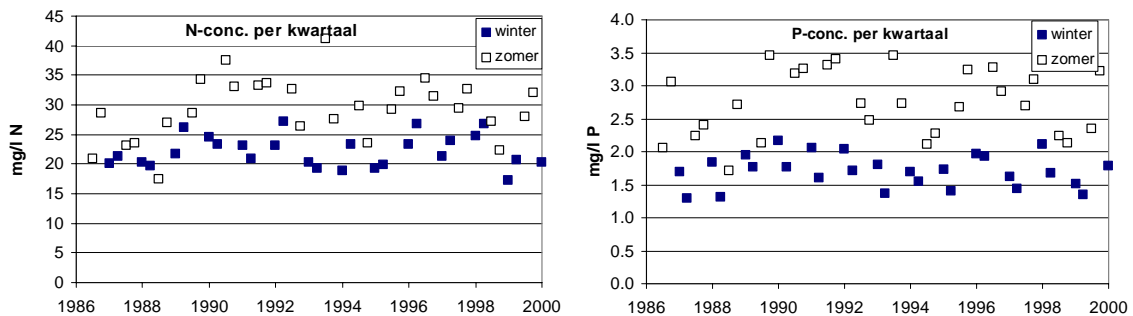


Fig. 6 Uitkomsten STONE 2.0 (MV5-bemestinscenario) voor het peilgebied Bergambacht

Naast STONE 2.0 is er ook voor STONE 2.0a gerekend. Naast een inhoudelijk verschil tussen STONE 2.0 en STONE 2.0a, is er ook een duidelijk verschil aan de invoerkant waar het de bemesting betreft (fig.3). De impact van deze twee 'variabelen' komen tot uiting in de resultaten van de jaarconcentraties (fig. 7). Zowel voor stikstof als voor fosfor is het verschil tussen de twee berekeningen in de concentraties een factor 2. De EMB-berekeningen komen het dichtst bij de gemeten waarden. Voor stikstof laten de metingen een stabiel beeld zien dan bij fosfor.

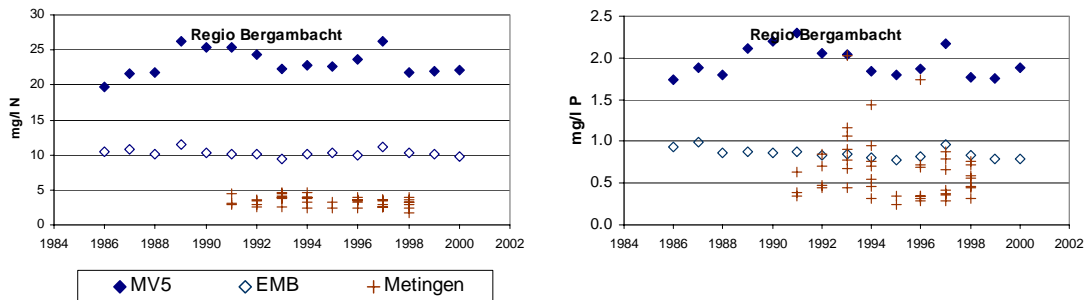


Fig. 7 Berekende en gemeten jaargemiddelde concentraties voor het gebied Bergambacht

2.2 Analyse

De gemeten en de berekende afvoeren wijken onderling systematisch af met als belangrijkste oorzaak geo-hydrologische benadering. Het gebied ondervindt kwel vanuit de rivier De Lek. In de berekende waterafvoeren wordt echter een wegzijging berekend, die groter is dan de kwel. Dit geeft in de balans een verschuiving, die duidelijk gevolgen heeft voor de grootte van de afvoer naar het oppervlaktewater. Voor beide STONE-versies is de waterbalans identiek. Toch laten de concentraties naar het oppervlaktewater systematisch een groot verschil zien tussen de uitkomsten van STONE 2.0 en 2.0a (fig.7). Om deze verschillen te verklaren zijn voor beide benaderingen de balansdiagrammen getekend met daarin de berekende aanvoer- en afvoerposten voor zowel de MV5 als EMB2002 (fig.8).

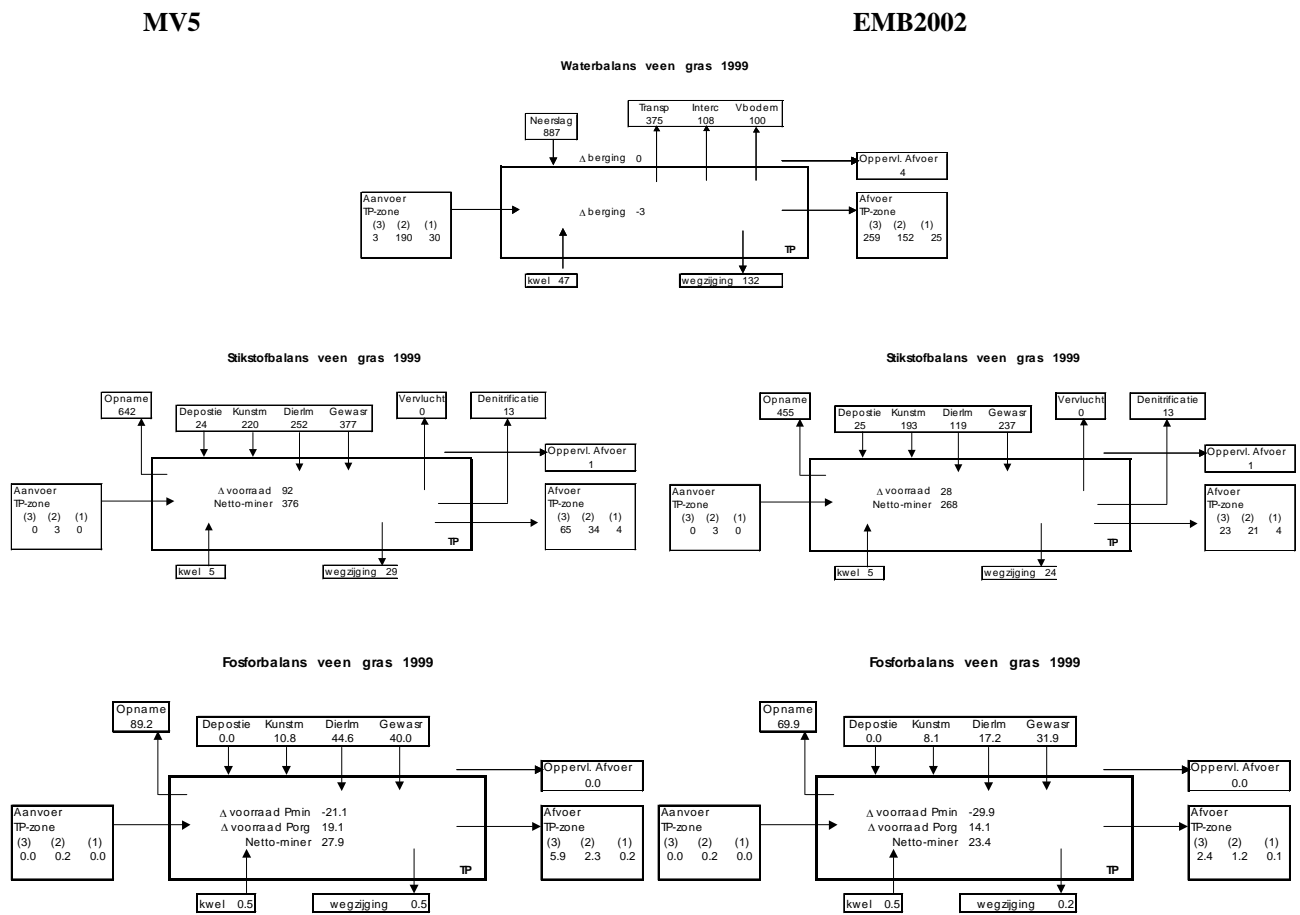


Fig. 8 Diagram met de balansposten voor de elementen water (mm), stikstof (kg/ha N) en fosfor (kg/ha P), afkomstig van veenplots met bodemgebruik grasland in het peilgebied Bergambacht met de uitkomsten van STONE 2.0 en 2.0a, weergegeven voor het TP-profiel (0 tot 13 m-mv).

Wat direct opvalt aan de invoerkant is het verschil in bemesting en gewasopname en aan de uitvoerkant het verschil in de belasting van het oppervlaktewater via de 3 drainage systemen. Een netto gewasopname als resultaat van de MV5 berekeningen, ter grootte van 265 kg/ha is reëel. Hendriks (1992) berekent voor veenweide-

gebieden een opname van 260 kg/ha N. Bij het uiteindelijke verlies aan mineralen gaat het om het overschot (bemesting minus netto gewasopname). Het N-overschot voor de situatie van STONE 2.0 is voor het jaar 1999 (representatief qua weerjaar) 207 kg/ha N en voor de EMB berekening 94 kg/ha. In het eerste geval zijn de verliezen via het watersysteem echter ook 2 maal zo groot als in het laatste geval.

Een reële waarde voor de netto P-opname voor deze gebieden is 33 kg/ha P (Hendriks, 1992). De verliezen naar het oppervlaktewater zijn voor fosfor eveneens recht evenredig met het overschot. Voor de MV5-berekeningen is het P-overschot 6 kg/ha en voor de EMB-berekeningen is het overschot -13 kg/ha. P. Voor bemeste landbouw gronden is normaal sprake van een positief P-overschot van enkele kg. Een negatief P-overschot lijkt niet logisch. In beide bemestingsscenario's wordt los van het P-overschot 8 tot 11 kg/ha P-kunstmest toegediend. Dit lijkt in strijd met de landbouwpraktijk.

Naast de aanvoer van mineralen, bepaalt ook de procesbeschrijving in de bodem uiteindelijk de emissie naar het oppervlaktewater. De nutriëntenstroom naar het oppervlaktewater loopt voor het grootste deel door de bovenste bodemlagen via greppels naar het oppervlaktewater. Het zijn dan ook deze concentraties die de emissie naar het oppervlaktewater bepalen. Een deel stroomt af via het oppervlak, waarvan de concentraties relatief laag zijn (lager dan de conc. in de bovengrond). De concentraties in de ondergrond blijven eveneens laag, omdat in de schematisatie sprake is van een wegzijgingsprofiel.

Uitgangspunt voor de toetsing zijn de uitkomsten van de EMB2002. Op dit moment zijn dit door het RIVM de meest recent aangeleverde mestcijfers. De toetsresultaten van de EMB over de periode 1991- 1998 zijn samengebracht in tabel 8.

Tabel 8 Toetsingsresultaten Bergambacht voor de periode 1991-1998

	Tot.N gehalte (mg/l N)	Tot.P gehalte (mg/l P)
Meetpunten met lange meetperiode		
Zomer	2.8	0.76
Winter	4.1	0.55
Jaargem	3.4	0.65
Resultaten EMB		
Zomer	10.4	1.05
Winter	10.2	0.77
Jaargem	10.3	0.86
Verhouding berekend/gemeten	3.0	1.3

2.3 Conclusies

Door de complexe waterhuishoudkundige situatie in het algemeen voor een poldergebied en in het bijzonder voor het peilgebied Bergambacht vanwege de functie van waterdoorvoer naar achterliggende poldergebieden, leidt de berekening van nutriëntenvrachten uit gemeten afvoeren en gemeten concentraties niet tot betrouwbare waarden. Uit de waterbalans van de STONE-berekeningen volgt dat het gebied een wegzijgingsgebied is, terwijl Hendriks (1993) aangeeft, dat hier sprake is

van een kwelgebied. In werkelijkheid wordt daarmee in de berekeningen de belasting van het oppervlaktewater onderschat.

Toetsen op nutriëntenvrachten op basis van het beperkte uitgangsmateriaal is moeilijk, zo niet onmogelijk.

De bemesting van het MV5-scenario over de toetsperiode is voor deze regio aan de hoge kant. De netto stikstofopname komt overeen met de resultaten van de proefvelden. De netto fosforopname ligt daarentegen vrij hoog.

De bemestingscijfers voor de EMB2002 lijken reëler. De netto stikstofopname valt lager uit en de netto fosforopname is verbeterd maar nog steeds aan de hoge kant.

De emissie naar het oppervlaktewater leidt in de STONE-berekeningen tot grote verschillen. Voor de beide STONE-versies is de waterhuishouding gelijk. De berekende concentraties zijn voor beide berekeningen hoger dan de gemeten concentraties. Het verschil tussen de uitkomsten van de beide berekeningen is een factor 2.

De bemestinggegevens van de EMB2002 zijn het meest recent en komen eveneens goed overéén met de bemesting, die opgegeven is door de boeren in het gebied. Voor de toets zijn deze gegevens gebruikt om de verhouding tussen de berekende en gemeten concentraties van het oppervlaktewater te berekenen:

$$\text{berN-conc/gemN-conc} = 3.0$$

$$\text{berP-conc/gemetP-conc} = 1.3.$$

3 Toetsing aan gegevens van het Schuitenbeekgebied

3.1 Gebiedsbeschrijving

Het stroomgebied van de Schuitenbeek ligt ten zuiden van Putten en ten oosten van Nijkerk. Het gebied helt af van het zuidoosten naar het noordwesten en bestaat zowel uit natte als droge zandgronden. Het totale oppervlak van het stroomgebied bedraagt 8265 ha. Ongeveer 43% van het stroomgebied, gelegen in het oosten, heeft geen zichtbare afwatering. In dit gedeelte van het gebied is bos de overheersende bodemgebruiksvorm. Het gedeelte van het stroomgebied met een zichtbare afwatering is 4698 ha groot en bestaat voor 80% uit grasland.

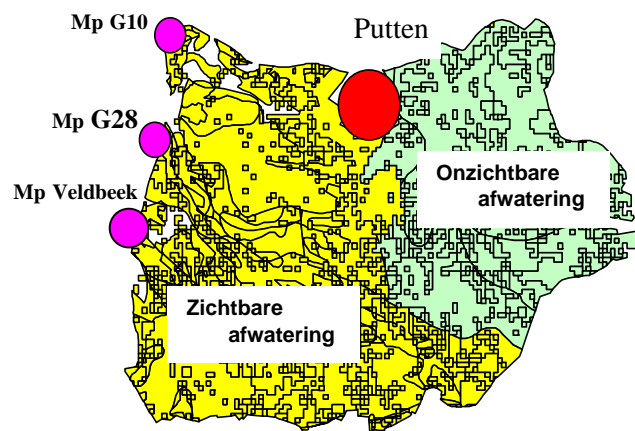


Fig. 9 Stroomgebied van de Schuitenbeek met ligging van de meetpunten oppervlaktewater

In het gebied van de Schuitenbeek zijn 3 meetpunten van belang. Het meest bovenstrooms gelegen monsterpunt in de Schuitenbeek ligt in de Veldbeek waarvan het zichtbaar afwaterend oppervlak 2006 ha. is. Verder stroomafwaarts ligt monsterpunt G28. Dit monsterpunt is het meest frequent bemonsterde punt dat tevens als continu meetpunt dienst doet, waar ca. driekwart van de beekafvoer passeert met als achterliggend afwaterend oppervlak 3357 ha. Op de plaats waar de Schuitenbeek in het Veluwemeer komt, ligt monsterpunt G10, met als zichtbaar afwaterend oppervlak 4698 ha.

In de zomermaanden bevat de Schuitenbeek bij G28 en het achterliggende gebied incidenteel geen water. In de monding (G10) is het waterpeil gelijk aan het niveau van het Veluwemeer. Ter plaatse is de waterdiepte 1 m.

3.1.1 Bodem, landgebruik en hydrologie

Het gebied bestaat vrijwel geheel uit zandgronden. De bodem van de hooggelegen delen bestaat uit podzolen (moder- en haarpodzolen). In de lager gelegen infiltratiegebieden liggen voor het merendeel veldpodzolen. Op de dekzandruggen

tussen de beekdalen vinden we de enkeerdgronden. In de zuidelijke natuurgebieden, evenals in de daargelegen landbouwgebieden komt een associatie van stuifzandgronden voor.

De oostzijde van het gebied staan onder invloed van kwel vanuit de stuwwal. Deze gronden blijven langer nat dan de westelijke gronden. In het najaar zijn de grondwaterstanden bij de westelijk gelegen gronden hoger vergeleken met de oostelijke gronden met dezelfde Gt. In het gebied kan onderscheid gemaakt worden tussen relatief 'natte' gronden met een GHG ondieper dan 40 cm-mv (Gt II, III en V) en droge gronden met een GHG die meestal dieper dan 80 cm (Gt VII) of 140 cm beneden maaiveld (Gt VI) liggen. Van de cultuurgronden valt 44% in de categorie natte gronden en 22 % in de categorie droge gronden. Het overige deel is matig nat te noemen. Van de natuurgebieden ligt het overgrote deel in de categorie droge gronden. De natte gronden kunnen een probleem vormen, omdat in natte winters afspoeling over het grondoppervlak en (ondiepe) uitspoeling via de bodem plaatsvindt. De jaarlijkse afvoer over het grondoppervlak is in een droge winter te verwaarlozen maar kan in wintermaanden met veel neerslag oplopen tot enkele tientallen mm's (Breeuwsma *et al.* 1989). Dit geeft aanleiding tot piekafvoeren van de water- en nutriëntenstroom. In het verleden kwam het regelmatig voor, dat kort voor een oppervlakkige afvoergebeurtenis drijfmest werd uitgereden. Tegenwoordig is uitrijden in de winterperiode niet toegestaan en moet toediening van drijfmest op een milieu vriendelijke manier gebeuren om emissie naar grond- oppervlaktewater en atmosfeer tot een minimum te beperken. Extra belasting van het oppervlaktewater met nutriënten (eutrofiëring) via afstroming over het maaiveld behoort hiermee tot het verleden.

Een ander punt is de mate van fosfaatverzadiging van de bodem. De mate van verzadiging bepaalt de hoogte van de P-concentratie in de snelle afvoer via de bovenste bodemlaag naar greppels en ondiepe sloten. Wanneer de grondwaterstand de fosfaatverzadigde zone bereikt, komt fosfaat in oplossing en spoelt uit naar grond- en oppervlaktewater.

Uit de schematisatie is afgeleid dat het gebied bestaat uit gedeelten van 94 STONE-plots (UC's) met een gezamenlijke oppervlakte van 7394 ha, excl. stedelijk gebied. Van het plotoppervlak bestaat 47% uit bosgebieden (natuur), 44% is als grasland in gebruik, ca. 9% wordt gebruikt voor de verbouw van snijmaïs en het areaal akkerbouw blijft beperkt tot minder dan 2%. Van de 94 UC's ligt gemiddeld 8% van het oppervlak in het Schuitenbeekgebied.

3.1.2 Bemesting

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden, waaruit de bemesting direct kan worden afgeleid. De bemesting voor de STONE-berekeningen is dan moeilijk te verifiëren met de werkelijkheid. In het verleden zijn in dit gebied wel de nodige regionale studies uitgevoerd, waarin bodemanalyses zijn gedaan om een vinger te krijgen achter de fosfaatophoping in de bodem (Breeuwsma, 1988). Uit deze gege-

vens kan ruwweg de historische fosfaatbemesting worden geschat. Nadat in de jaren tachtig door wettelijke maatregelen een overmatige mestgift aan banden werd gelegd, zal dat voor een gebied met intensieve veehouderij gevolgen hebben gehad. Uitgaande van het feit dat alle mest in het gebied blijft, zal er een verschuiving optreden in het bemestingspatroon. Vermindering van bemesting op maïsland, zal geleid hebben tot een toename op grasland, afhankelijk van de verhouding van het areaal snijmaïs tot het areaal grasland (en dat is 1:5). Een landbouwer zal in de praktijk streven naar een efficiënt gebruik van meststoffen, zodat een hogere drijfmestgift op grasland zal leiden tot een vermindering van het kunstmestgebruik.

Voor de P- bemesting is een schatting gemaakt van de historische belasting weergegeven in tabel 9. De netto P-opname in de akkerbouw ligt in de orde grootte van 33 kg/ha P en is onafhankelijk van giftgrootte. Voor grasland is de drogestofproductie bepalend voor de opname en zal afhankelijk daarvan variëren van 40 - 70 kg/ha P.

Tabel 9 Historie fosforbemesting (kg/ha P) op grasland en akkerbouw (voor 1970 bouwland; na 1970 snijmaïs)

Gewas	Periode					
	1950-1970	1971-1988	1988-1990	1991-1992	1993-1994	1995-2000
Gras	90	90	110	88	88	44
Bouwland	75	204	150	110	66	33

Afwegend tegen de mestmaatregelen om de fosfaatbemesting terug te dringen is de bemesting in de MV5 gedaald. De waarden liggen weliswaar iets boven de wettelijke norm die vanaf 1995 voor grasland en snijmaïs vastgesteld is op resp. 75 en 55 kg/ha P (figuur 10). De EMB-bemesting ligt in deze periode echter beduidend hoger dan in MV5 en daarmee boven de wettelijke norm (figuur 11).

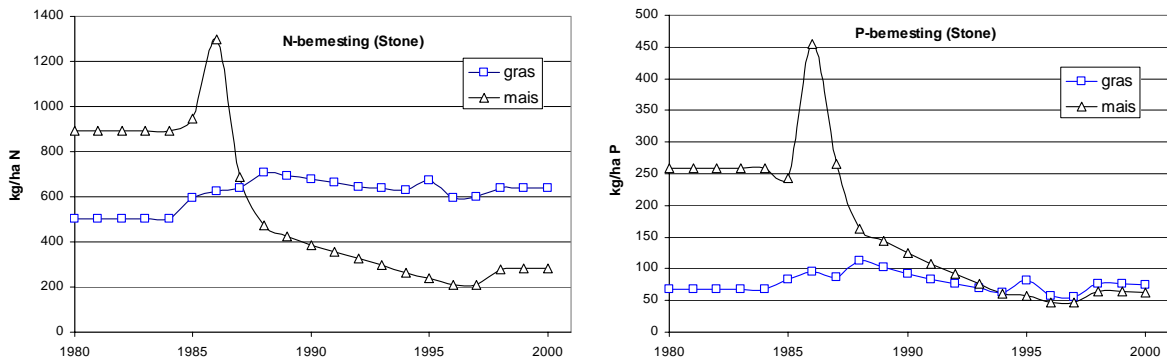


Fig. 10 De stikstof- en fosforbemesting in het stroomgebied van de Schuitenbeek als invoer van STONE 2.0(MV5)

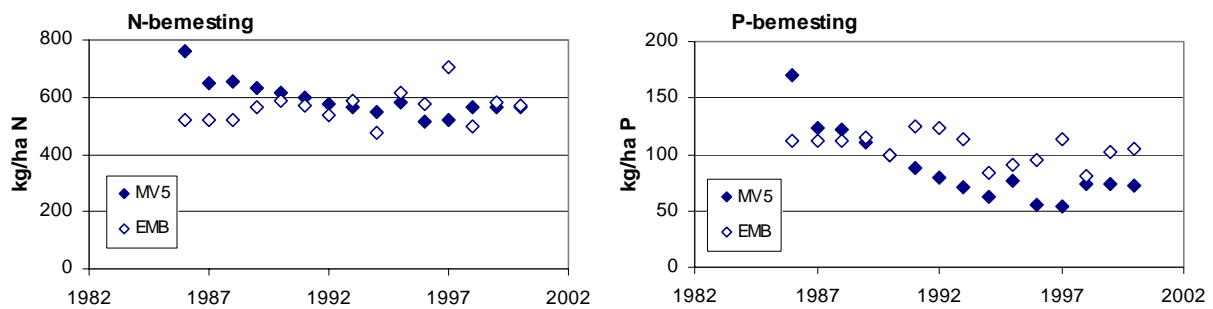


Fig 11 Gemiddelde stikstof- en fosforbemesting in de landbouw voor de MV5 en EMB in de Schuitembeek

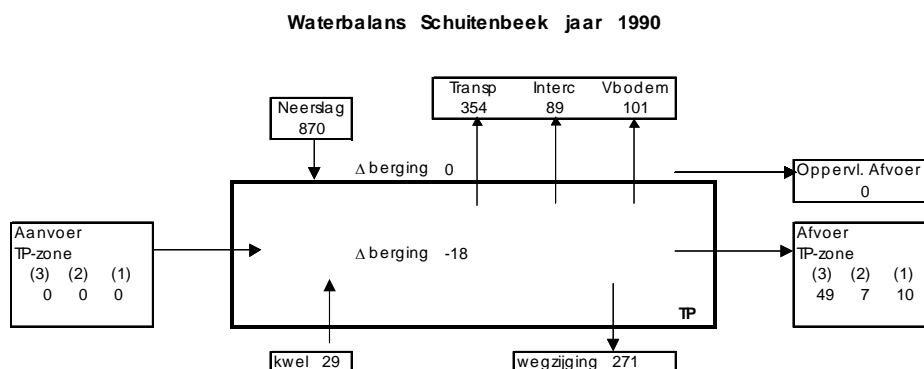
3.1.3 Gemeten en berekende waterafvoeren

Over de gemeten waterafvoeren in de periode 1988 tot 1994 is uitgebreid gerapporteerd door Negate *et al.* 1997. Voor de omrekening van de afvoer in m³ naar mm is hij uitgegaan van het zichtbare afwateringsoppervlak van 4698 ha. Het gevolg hiervan is dat in een relatief droog jaar de afvoer (in mm's per ha) onderschat en in een nat jaar overschat wordt. De hogere gronden doen niet mee in het afwaterend oppervlak omdat ze in een gemiddeld weerjaar nauwelijks afvoer hebben. Door het wisselende neerslagoverschot is het afwaterend oppervlak theoretisch altijd in beweging. Dat maakt een juiste benadering van de afvoer moeilijk te realiseren. Tevens maakt de geo-hydrologische situatie het geheel nog complexer. In het gebied komen zowel wegzijgings- als kwelgebieden voor. Verschillen in de kwel/wegzijing tussen de veldsituatie en de STONE-schematisatie zullen van invloed zijn op de hoeveelheid waterafvoer. In samenhang met de gemeten concentraties zal dit in dergelijke situaties tot irreële nutriëntenvrachten aanleiding geven. In de schematisatie is dit allemaal onder één noemer gebracht. In tabel 10 is uitgegaan van een afwaterend oppervlak van 4698 ha. De STONE-afvoeren in tabel 10 zijn berekend over het gehele gebied en vervolgens herleid tot het zichtbare deel.

Tabel 10 Neerslag, gemeten afvoeren bij G10 en berekende afvoeren met STONE in mm per jaar

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Neerslag	944	727	870	701	949	1014	1072	811	705	742	1206
Gemeten	346	194	223	174	226	358	412	-	-	-	-
Berekend	322	111	104	94	184	282	367	280	62	78	384

De waterbalans voor een gemiddeld weerjaar in het gehele Schuitenbeekgebied ziet er voor het gehele profiel (TP-profiel: 0 tot 13m-mv) als volgt uit:



Balansposten

	mm
Neerslag	870
Infiltratie uit oppvlwater	0
Kwel	29
Bergingsverschil	- 18
Transpiratie+interceptie +bodemverdamping	- 544
Afvoer naar oppvlwater	- 66 *)
Wegzijing	- 271

*) 104 mm na herleiden naar zichtbaar oppvl. (tabel 10)

3.1.4 Gemeten en berekende nutriëntconcentraties

Door het jarenlange meetprogramma is er een uitgebreide set meetgegevens van het gebied beschikbaar gekomen waarmee de toets kan worden uitgevoerd. Ook op perceelsniveau is er enige tijd aan het oppervlaktewater gemeten (Negate *et al*, 1997). Het gaat om de locatie 'De Hoef' (noordelijk gelegen) en 'Groot Gerven' (in het zuidoosten) en een willekeurig bedrijf waar erf-afvoeren zijn geregistreerd. De afvoer- en kwaliteitsmetingen zijn wekelijks verricht en verzameld. De gemeten concentraties op een dergelijk schaalniveau kunnen sterk uiteenlopen door verschillen in bemesting en waterhuishouding. Naarmate het schaalniveau groter wordt, zullen de verschillen vervagen door menging met steeds groter wordende hoeveelheden water en langere verblijftijden.

Tabel 11 Gemeten concentraties op perceelsniveau

Locatie	Meetperiode	Aantal ha	N-conc (mg/l)		P-conc (mg/l)	
			zomer	winter	Zomer	Winter
De Hoef	22-04-'91 tot 06-06-'94	3.42	1.2	1.4	0.47	
Groot Gerven	28-12-'92 tot 14-06-'94	51.4	10.7	14.2	-	-
Erf-afvoer	11-01-'93 tot 11-10-'94	0.58	16.3	10.8	2.5	4.4

In de Schuitenbeek als beek liggen 3 monsterpunten, die frequent bemonsterd zijn vanaf 1988. De beek stroomt in noordelijke richting. Het meest zuidelijke monsterpunt Veldbeek. Monsterpunt G28 is het meest frequent bemonsterde punt,

waar ca. $\frac{3}{4}$ van de waterafvoer van de Schuitenbeek passeert. Tussen de verschillende locaties in de Schuitenbeek vinden we steeds de zelfde dynamiek in het concentratieverloop terug. Om deze reden is het te rechtvaardigen ons te richten op één monsterpunt, G28 waarvan de meeste gegevens bekend zijn.

Voor *stikstof en fosfor* staan de gemeten individuele waarden in fig. 12. Het ruimtelijke beeld voor stikstof laat pieken en dalen zien, die resp. de winter- en zomerperioden weergegeven. In de wintermaanden kunnen waarden van meer dan 10 mg/l N in het oppervlaktewater voorkomen. In de zomertijd nemen de waarden geleidelijk weer af tot ca. 2,5 mg/l N. Aan het eind van de jaren negentig lijken de hoge concentraties af te nemen. De trendlijn loopt van ca. 7 mg/l N in 1988 naar 5 mg/l N in 2001. Dit wordt bevestigd door de wintergemiddelden met berekende standaardafwijking in fig. 13. Voor fosfor bestaat het verloop uit een scatter van waarnemingen, die aan het begin van elke halfjaarlijkse winterperiode pieken vertoont. Incidenteel komen hoge waarden voor van meer dan 1,0 mg/l P. De jaarlijkse P-concentratie ligt grotendeels in het traject van 0,1 tot 0,3 mg/l voor zowel de zomer als de winterperiode.

De trendlijn vertoont in de tijd een vrijwel horizontaal verloop. De pieken in het winterseizoen lijken echter in de jaren negentig af te nemen. De wintergemiddelden met de berekende standaardafwijking in fig.13 bevestigen dit.

Zowel voor stikstof als fosfor worden in de zomermaanden de concentraties sterk bepaald door de geringe afvoeren en verhoogde watertemperaturen. Processen in het oppervlaktewater zullen door opname en afbraak van nutriënten de gehalten sterk doen dalen. De decade-uitkomsten van STONE zijn herleid tot de zomer-, winter- (fig.14) en jaargemiddelden (fig. 15). Gelet op de seizoenen kunnen we concluderen dat de stikstofconcentraties eerder beïnvloed worden door de weerjaren dan door seizoensinvloeden. Voor fosfor liggen de winterconcentraties over het algemeen lager dan in de zomer. De afvoeren in het Schuitenbeek gebied vinden voor 75% plaats via het eerste drainage niveau, d.i. via greppels en ondiepe sloten.

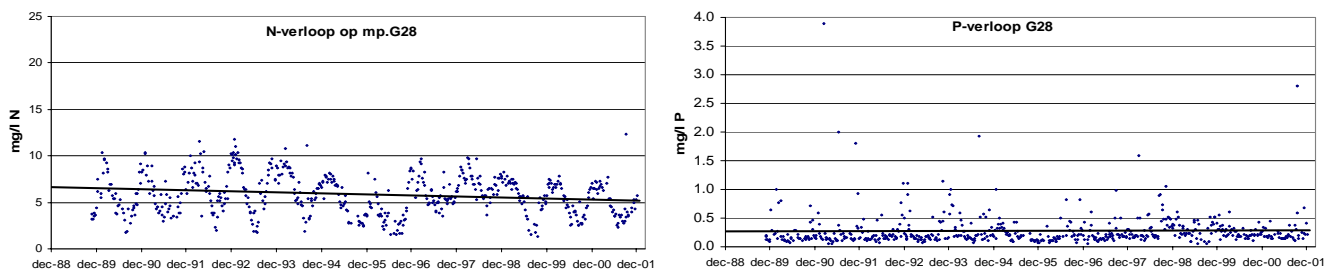


Fig.12 Concentratie verloop van tot.N- en tot.P-gehalten van alle bemonsteringen op mp G28

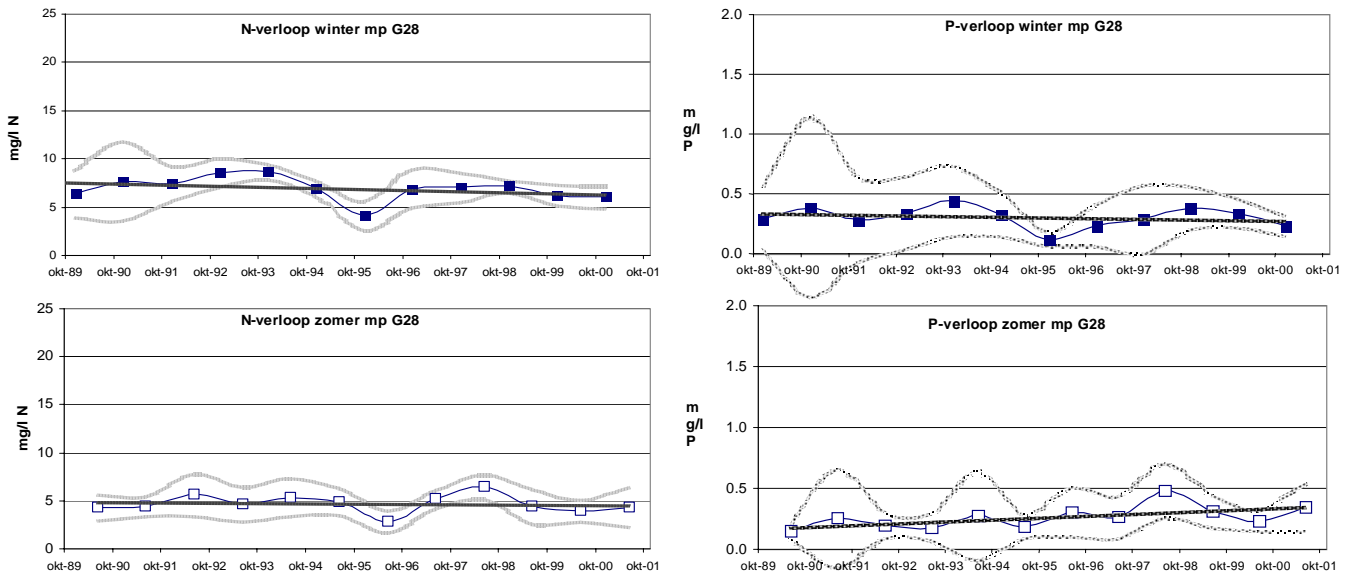


Fig.13 Zomer- en wintergemiddelden met standaardafwijking van tot.N-gehalten en totP-gehalten op mp G28

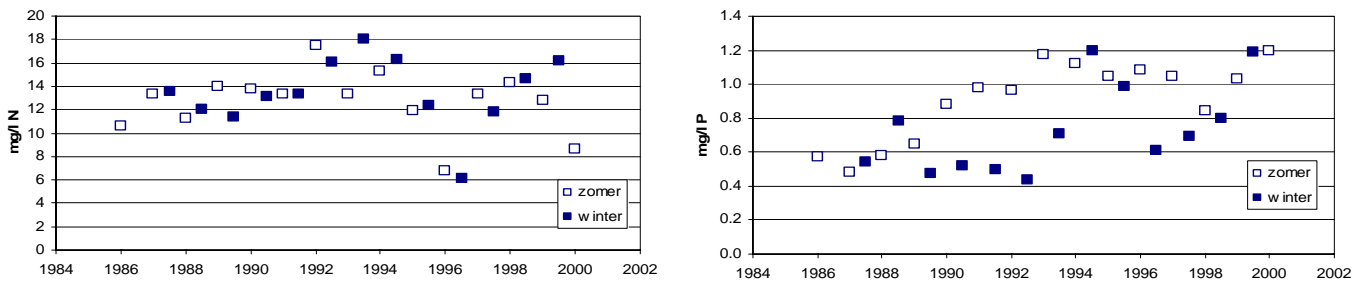


Fig.14 Gemiddelde zomer- en winterconcentraties in het oppervlaktewater voor stikstof en fosfor afgeleid van de EMB2002

In fig.15 vergelijken we de gemiddeld jaarlijkse concentraties in de afvoeren naar het oppervlaktewater als uitkomsten van STONE 2.0 en 2.0a met de gemeten concentraties in de Schuitenbeek. De bemesting volgens de MV5 wijkt niet veel af van de bemesting in de EMB. De gemeten N-concentraties volgen het patroon van de berekeningen. Voor fosfor is dit minder het geval, terwijl ook de uitkomsten van de MV5 en EMB in het begin nogal uiteen lopen.

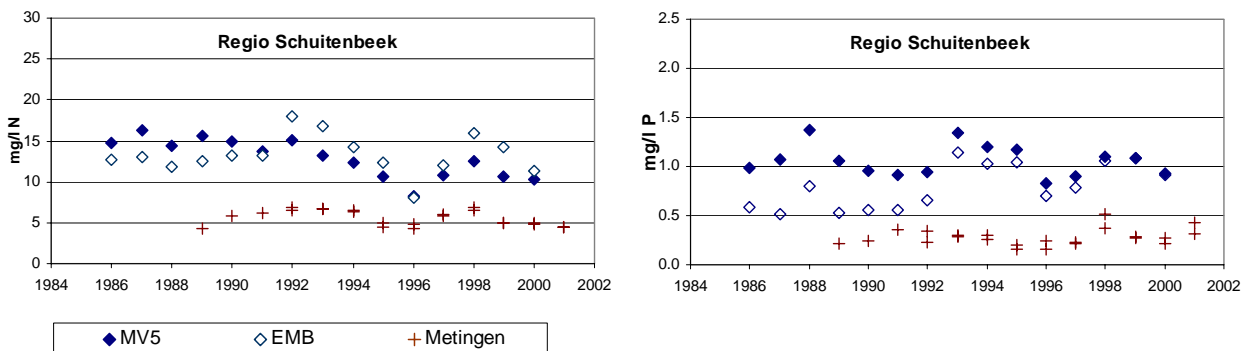


Fig.15 Berekende en gemeten N- en P-gehalten in het gebied van de Schuitenbeek

3.2 Analyse

In figuur 16 en 17 staan de balansdiagrammen weergegeven van een normaal weerjaar (870 mm) en een nat jaar (1072 mm). In het natte jaar is de verdamping minder dan in het normale jaar. In het natte jaar ligt de afvoer een factor 3 hoger. De afvoer vindt in het rekenvoorbeeld hoofdzakelijk plaats via de bovenste grondlagen naar de greppels. Er is geen afvoer over het maaiveld berekend, terwijl dit in werkelijkheid wel gebeurt. In de jaren tachtig kon in de wintermaanden nog onbepaald oppervlakkig drijfmest worden uitgereden. Snijmaïs kon zonder enige groeischade 300 ton drijfmest per ha verdragen. Tijdens een oppervlakkige afvoergebeurtenis gaf dit grote consequenties hebben voor de belasting van het oppervlaktewater. Hieraan is in de jaren negentig met wettelijke maatregelen paal en perk gesteld. Deze verandering in de landbouwpraktijk moet theoretisch merkbaar zijn. Incidenteel hoge concentraties in het oppervlaktewater zullen afnemen. In de meetgegevens is het effect op de stikstofconcentraties enigszins zichtbaar en voor fosfor zijn de piekconcentraties in het natte jaar nauwelijks meer aan de orde. Concentraties hoger dan 0,5 mg/l P zijn vanaf die tijd meer uitzondering dan regel. Als we met een nat jaar te maken hebben, vermindert de N-concentratie (tabel 11). De stikstof in oplossing ondergaat een verdunning vanwege het neerslagoverschot. Vermindering van het stikstofoverschot leidt eveneens tot verlaging van de concentratie (maïisperceel in tabel 12). Voor het gehele Schuitenbeekgebied is de bemesting weinig veranderd, wel is de mestverdeling over grasland en maïispercelen anders komen te liggen tengevolge van de wettelijke beperkingen.

Tabel 12 Berekende N- en P-concentraties (mg/l) in een normaal en een nat jaar (zie ook fig. 16 en 17)

	1990 (neerslag: 870mm)		1994 (neerslag: 1072mm)	
	Stikstof	fosfor	stikstof	fosfor
Schuitenbeek				
<i>Oppvlw.conc.</i>	16.7	0.9	13.8	1.2
Landb.percelen				
Bemesting	615	99	590	62
Overschot	294	61	289	28
<i>Oppvlw.conc.</i>	20.0	1.2	16.2	1.6
Maïisperceel				
Bemesting	382	125	263	61.4
Overschot	234	102	100	36.1
<i>Oppvlw.conc.</i>	22.0	2.9	7.6	3.4

De P-concentratie ligt in het natte jaar echter hoger dan in het normale jaar. De P-concentratie in het bodemvocht wordt bepaald door de mate van fosfaatverzadiging en deze is bovenin het profiel het grootst. Op grond van de STONE-gegevens is de FVG (fosfaatverzadigingsgraad) voor gras berekend op 46% en voor maïs op 76%. Alle fosfor wordt ook nog eens voor 90% aangevoerd vanuit het oppervlakkige drainagesysteem. Dit leidt tot het zgn. stofzuigereffect. Naarmate de omstandigheden natter worden gaat de bovengrond steeds meer deel uit van de stroming naar het oppervlaktewater en komt er relatief meer fosfaat in oplossing. Vooral bij maïispercelen, met in het verleden hoge mestgiften, is veel fosfor in de bodem aanwezig. De P-concentraties in bodemvocht van deze percelen hebben boven in het profiel een waarde van meer dan 3 mg/l P, terwijl dit voor grasland ca. 1 mg/l P bedraagt (fig. 17). Beperking van de bemesting hebben niet direct invloed op de P-concentraties. Eerst zal er uitmijning van fosfaat plaat moeten voordat er sprake kan zijn van afnemende effecten.

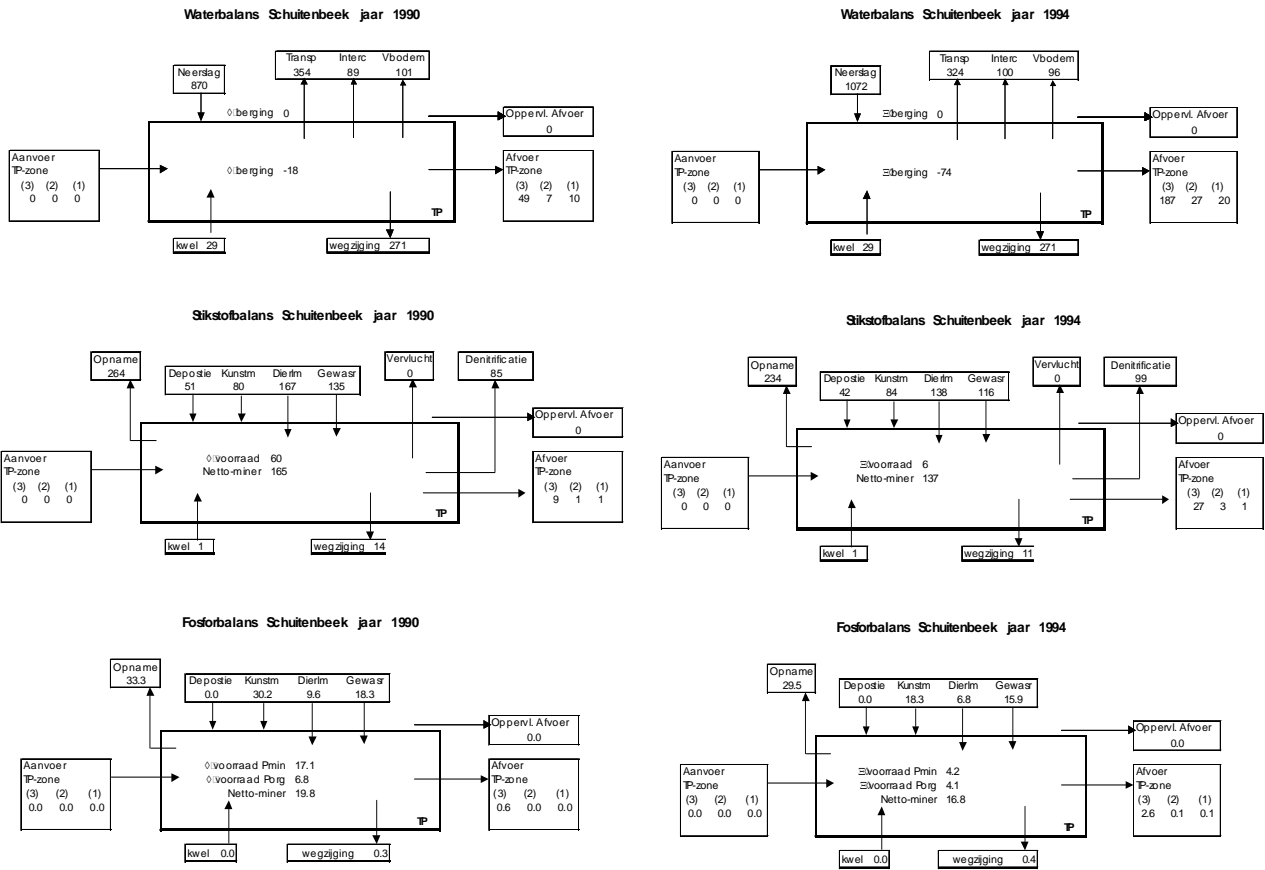


Fig.16 Diagram met balansposten voor de elementen water (mm), stikstof (kg/ha N) en fosfor (kg/ha P), gemidd. voor alle plots in Schuitembeek gebied met de uitkomsten van STONE 2.0 en 2.0a, voor het totale profiel

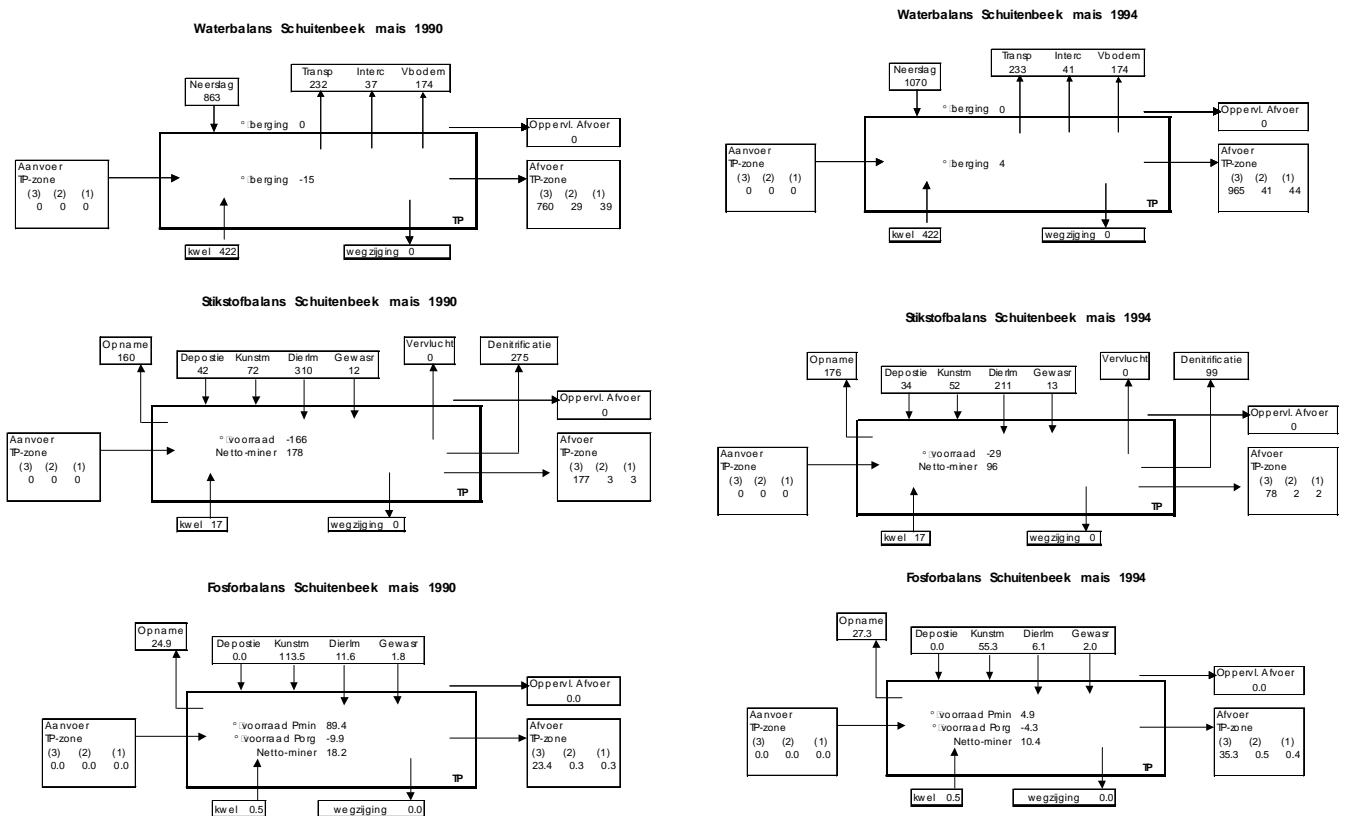


Fig. 17 Diagram met de balansposten voor de elementen water (mm), stikstof (kg/ha N) en fosfor (kg/ha P), gemiddeld voor alle plots in het Schuitembeek gebied met de uitkomsten van STONE 2.0 en 2.0a voor het totale profiel (0-13m-mv).

De uiteindelijke toetsing is uitgevoerd met de uitkomsten van de EMB-2002 en de meetresultaten van monsterpunt G28 over de periode 1988-2000. De door STONE berekende P-gehalten liggen aan de hoge kant. In het voorgaande is aangegeven dat de bijdrage uit de landbouw met name door intensieve bemestingen fors is geweest en vervolgens nog eens versterkt is door het stofzuigereffect.

Tabel 13 Resultaat van de toetsing op de gemeten en berekende N- en P-concentraties Schuilenbeek

	Tot. gehalte (mg/1 N)	Tot.P gehalte (mg/1 P)
Meetpunt G28		
zomer	4.9	0.27
winter	7.3	0.27
jaargem	5.6	0.28
Resultaten EMB		
zomer	12.7	0.90
winter	13.4	0.72
jaargem	13.3	0.80
Verh. berek/gem op jaarbasis	2.4	2.9

3.3 Conclusies

De begrenzing van de afwatering is moeilijk te bepalen, waardoor afvoer moeilijk te herleiden is tot mm's.

Afvoeren zijn niet altijd nauwkeurig gemeten, zodat berekende nutriëntenvrachten niet betrouwbaar zijn.

Afstroming over het maaiveld worden door STONE niet berekend, terwijl dat in natte jaren tientallen mm's kan bedragen.

De berekende afvoer naar het oppervlaktewater lijkt onderschat. In de STONE-schematisatie wordt het gehele gebied gekenmerkt door wegzijging. Plaatselijk kan dat nogwel eens afwijkend van het gemiddelde beeld.

Afvoer naar het oppervlaktewater vindt hoofdzakelijk plaats door de bovengrond naar greppels en sloten.

De N-bemesting in de EMB2002 is over de jaren 1994-1998 aan de hoge kant. De bemesting vertoont in 1986 voor mais een hoge piek. In de jaren negentig is de P-bemesting hoger dan de wettelijk toegestane norm.

In natte jaren ontstaat er een verlaging van de N-concentraties door het verdunningseffect en een verhoging van de P-concentraties door een hogere grondwaterstand en het stofzuigereffect.

Voor de toets zijn de uitkomsten van de EMB2002 gebruikt om de verhouding tussen de berekende en gemeten concentraties te bepalen:

$$\begin{aligned} \text{berN-conc/gemN-conc} &= 2.4 \\ \text{berP-conc/gemetP-conc} &= 2.9 \end{aligned}$$

4 Toetsing aan gegevens van het gebied ten oosten van Diepenheim

4.1 Gebiedsbeschrijving

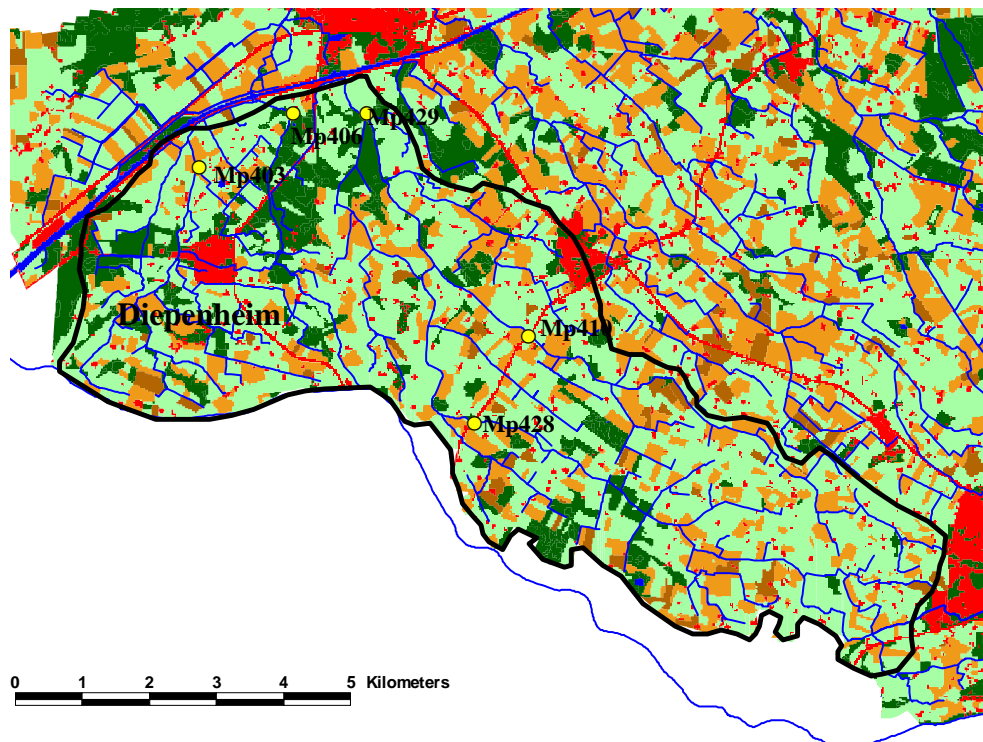


Fig. 18 Afwateringsgebied met monsterpunten bovenstrooms van Diepenheim

Het afwateringsgebied bovenstrooms van Diepenheim is ca. 4671 ha groot, waarvan het westelijk gelegen deel in de gemeente Diepenheim ligt en het oostelijke deel aan de gemeente Haaksbergen toebehoort. Het totale afwateringsgebied is een deelstroomgebied van het riviertje De Regge, samengesteld uit 174 plots, de zgn. UC's, waarvan 1 tot 30% van het oppervlak in het betreffende gebied ligt. Gemiddeld ligt ca.4% van het totale UC-oppervlak in het geselecteerde gebied.

Uit de schematisatie volgt dat het gebied voor $\frac{3}{4}$ uit zandgronden bestaat en voor het resterende deel uit kleigronden. Het oppervlak aan veengronden is te verwaarlozen. Het gebied wordt gekarakteriseerd als een hoge zandgrond met dekzandprofiel. Het agrarisch bodemgebruik bestaat hoofdzakelijk uit grasland en snijmaïs ten behoeve van de rundveehouderij. Het areaal bouwland is te verwaarlozen. De natuurgebieden liggen als een lappendeken verspreid over het gehele gebied.

Tabel 14 Bodemgebruik volgens de STONE schematisatie

Bodemgebruik	(%)	Agrarisch bodemgebruik (%)
gras	53	73
maïs	18	25
bouwland	1	2
natuur	17	-

Het oppervlaktewater wordt op 5 locaties bemonsterd. De ligging hiervan is terug te vinden op de uitsnede van fig. 18. Op deze locaties zijn geen afvoeren gemeten.

De frequentie van bemonsteren is niet bekend. De kwaliteitsgegevens, ontleend aan de CIW-enquête, zijn als jaargemiddelden gepresenteerd. De bemonsteringen zijn uitgevoerd op de volgende locaties met vermelding van de bijbehorende codes en xy-coördinaten:

WS_RD	403	boven regge hazendammwg diepenh.	(234,7 / 470,0)
WS_RD	406	diepenheimse molenbk diepenheim	(236,1 / 470,8)
WS_RD	410	fluttersbk deldensestr h'velde	(239,6 / 467,5)
WS_RD	428	poelsbeek hengevelde	(238,8 / 466,2)
WS_RD	429	poelsbeek weldam goor	(237,2 / 470,8)

4.1.1 Bemesting

Evenals in de vorige gebieden is de toetsing mede beoordeeld aan de hand van de bemestingsgegevens die gebruikt zijn voor de MV5 en de vrij recente gegevens uit de EMB2002 (fig. 19). De bemesting volgens de EMB ligt in de jaren tachtig soms wel enkele tientallen procenten hoger dan de bemesting die al in een eerder stadium gebruikt is voor de MV5 berekeningen. In de jaren negentig is de bemesting voor beide scenario's sterk afgenomen, tengevolge van veranderend mestbeleid, terwijl de verschillen tussen de scenario's onderling te verwaarlozen zijn.

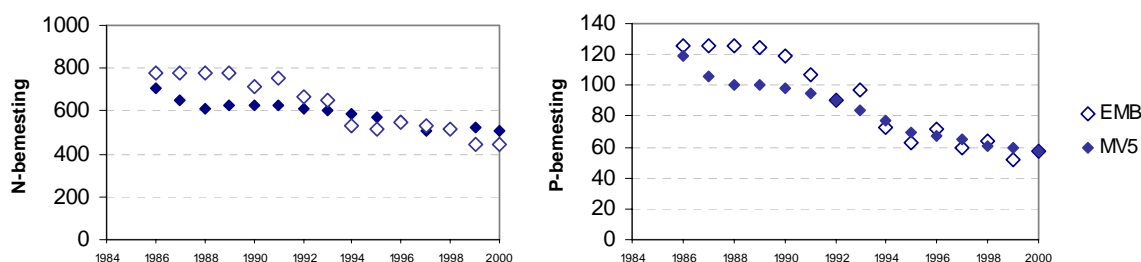


Fig. 19 N- en P-bemesting (kg/ha) uit de MV5 en de EM22002 voor LEI-regio 8 (Twente)

Voor de jaren 1996-2000 is de gemiddelde bemestingsgift:

MV5: 535 kg/ha N en 62 kg/ha P;
 EMB: 499 kg/ha N en 59 kg/ha P.

Het totaal aan N- en P-giften bestaat uit kunstmest en dierlijke mest. In tabel 14 is deze verdeling naar mestsoort uitgesplitst over twee gewassen: gras en snijmaïs.

De verdeling van de dierlijke mest over grasland en snijmaïs is voor de EMB2002 gewijzigd ten opzichte van de MV5. Het verschil voor grasland wordt voor stikstof gecorrigeerd met kunstmest, zodat toch in beide gevallen aan de gewasbehoefte wordt voldaan.

De verschuiving heeft voor snijmaïs gunstige gevolgen. Binnen de MV5 is de stikstofgift aan de krappe kant. Door de toename van de drijfmestgift bij de EMB2002 neemt voor snijmaïs ook de P-bemesting toe. De P-kunstmestgift had daardoor wel achterwege kunnen blijven. In een dergelijk geval kan men zich afvragen of de P-kunstmest van enkele kg/ha in overeenstemming is met de praktijk. De wettelijk maximaal toelaatbare gift in die jaren bedroeg voor grasland 75 kg/ha en voor maïs 55 kg/ha P.

Tabel 15 Bemesting in de MV5 en de EMB2002, gemiddeld voor de jaren 1996-2000 in Leiregio 8

	MV5		EMB2002	
	gras	maïs	gras	maïs
N dier (kg/ha N)	374	245	262	370
N kunstm “	263	42	271	41
P dier (kg/ha P)	56	45	40	70
P kunstm “	9	10	12	7

Wat de werkelijke bemesting geweest is in deze regio is nagegaan aan de hand van de metelling van 1998. Uit de dieraantallen is met behulp van kengetallen en lineaire relaties de dierlijke mestproductie en de kunstmestgift berekend. Voor de gemeente Diepenheim en Haaksbergen is op deze wijze een tabel tot stand gekomen, die inzicht geeft in de bemesting tussen gemeenten onderling. In de gemeente Haaksbergen is de intensieve veehouderij sterk vertegenwoordigd. De omvang van de rundveehouderij ligt 30% en van de overige dierbedrijven 50 % hoger dan in de gemeente Diepenheim. De veebezetting, berekend voor de gemeente Diepenheim is vrij algemeen voor de regio Twente.

Om tot een verdeling van de mest over de 2 bodemgebruiksvormen te komen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd. Alle weidemest komt op grasland. De drijfmest wordt naar behoefte verdeeld over het oppervlak grasland en snijmaïs. Het restant drijfmest wordt evenredig verdeeld volgens de verhouding naar de behoefte. De N- en P-behoefte voor grasland is in het verleden al eens onderzocht in de gemeente Bergambacht. Het onderzoek heeft een relatie opgeleverd tussen de veebezetting de mineraalbehoefte (een maat voor de voederbehoefte), waarbij het rundvee is omgerekend naar voedergrootvee-eenheden (vgve's) per ha (Oosterom, 1996).

Voor het zandgebied is de relatie aangepast vanwege het feit dat hier geen sprake is van stikstof-nalevering uit de oxidatie van veen. Voor de zandgebieden is de uitkomst van de relatie voor Bergambacht daarom vermeerderd met 50 kg/ha N.

De relatie voor de berekening van de N-behoefte (kg/ha N) voor zandgrasland is weergegeven in de volgende formule:

$$180 * \text{vgve/ha} - 235 + 50 \text{ (de behoefte is met 50 kg verhoogd voor zandgrond)}$$

Voor de P-behoefte (kg/ha P) luidt de formule:

$$33.2 * \text{vgve/ha} - 49.1 \text{ (de behoefte is voor alle gronden gelijk).}$$

In tabel 16 is het werkzame stikstofdeel van de uitgereden drijfmest berekend door de toegediende hoeveelheid te vermenigvuldigen met een werkingscoëfficiënt. Onder de huidige aanwendingstechnieken is de werkingscoëfficiënt van stikstof in dierlijke mest 0.45. Aan weidemest wordt geen N-werkingscoëfficiënt toegekend. De werking van fosfaat uit de dierlijke mest wordt verondersteld 100% te zijn.

De kunstmestgift voor grasland wordt uiteindelijk berekend uit de mineraalbehoefte na aftrek van de vrijkomende mineralen uit de dierlijke mest.

Voor de N- en P-behoefte voor snijmaïs zijn vaste waarden aangenomen: 190 kg/ha N en 33 kg/ha P. Ook hier wordt de kunstmestgift berekend door de hoeveelheid mineralen in de dierlijke mest aan te vullen totdat aan behoefte is voldaan.

Tabel 16 Bemesting (kg/ha) voor 2 gemeenten in het stroomgebied, berekend uit de metelling van het jaar 1998.

Jaar 1998	Diepenheim (2.94 vgve/ha)		Haaksbergen (4.35 vgve/ha)	
	Gras	maïs	Gras	maïs
N-behoefte	324	190	547	190
Ngift: dierlijk	365	241	660	256
Nwerkz	104	123	203	184
kunstm	220	67	344	6
P-behoefte	45	33	86	33
P-gift: dierlijk	61	45	114	51
kunstm	0	0	0	0
P-norm 1995	75	55	75	55

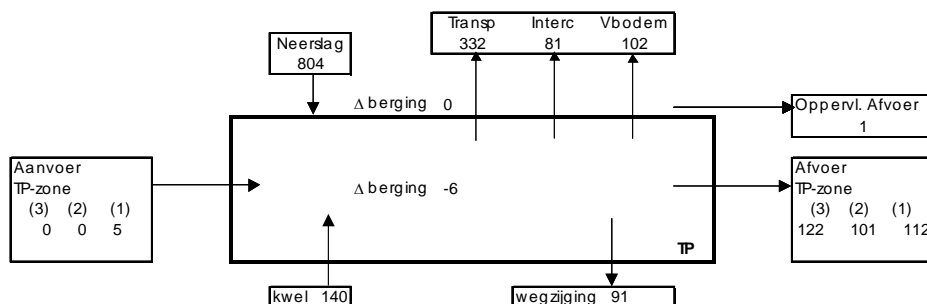
De berekende dierlijke productie van de gemeente Diepenheim (tabel 16) komt in zijn totaliteit goed overeen met de N- en P-giften uit de drijfmest van de MV5 en EMB (tabel 15). De kunstmestgiften voor grasland blijven achter bij de gegevens van de MV5 en EMB2002.

De P-hoeveelheden gegeven in de vorm van drijfmest, is voldoende om in de gewasbehoefte te voorzien. Een reden om de P-kunstmest achterwege te laten. De N-behoefte voor grasland is altijd moeilijk in te schatten omdat deze sterk afhankelijk is van veel onzekere factoren. In de berekening blijft de N-kunstmest op gras ca. 40 kg achter bij de giften uit de schematisatie voor de MV5- en EMB-berekeningen. Kunstmestgiften blijken altijd sterk gerelateerd aan gebiedseigen praktijksituaties.

4.1.2 Waterbalans

Van het gebied zijn geen afvoergegevens bekend. Uit de STONE-schematisatie is de waterbalans afgeleid, waarmee gerekend is voor zowel de MV5 als de EMB. De onderstaande resultaten hebben betrekking op het gehele gebied en het totale profiel (TP) en is het gewogen gemiddelde naar oppervlak.

Waterbalans Diepenheim 1996-2000



<u>Balansposten</u>	(mm)
Neerslag	804
Infiltratie uit oppvlwater	5
Kwel	140
Bergingsverschil	- 6
Transpiratie+interceptie +bodemverdamping	- 515
Afvoer naar oppvlwater	- 336
Wegzijging	- 91

Gem. grondwaterstand: 1.15 m-mv.

In het gebied is een lichte kwel aanwezig, die de verdamping en de afvoer naar het oppervlaktewater niet merkbaar zal beïnvloeden.

De afvoer naar het oppervlaktewater is gelijkelijk verdeeld over de 3 drainage niveaus. Dat betekent dat een groot deel van de afvoer vrij diep door het profiel verplaatst en een lange verblijftijd heeft.

4.1.3 Gemeten en berekende nutriëntconcentraties

In fig.20 worden de concentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater als uitkomsten van STONE 2.0 en 2.0a vergeleken met de gemeten concentraties in het gebied. De bemesting volgens de MV5 wijkt niet beduidend veel af van de bemesting in de EMB2002 (fig.19). Hoewel de bemestingshoeveelheden in de loop der jaren met ca. 10% voor stikstof en ca. 40% voor fosfor zijn afgenomen, kunnen de dalingen in de concentraties niet direct verklaard worden uit de bemesting. Daarvoor zijn de veranderingen te grillig. De grilligheid in het N-concentratieverloop van de simulaties zien we ook terug komen in de gemeten waarden.

Hoewel de fosforbemesting in de loop der jaren sterk is afgenomen zien we dat niet terugkomen in het concentratie-verloop. In 1992 is de gemeten P-concentratie relatief hoog. Dit is vòòr de periode dat de wettelijke inwerkingsverplichting van start ging. Het aantal metingen is echter te beperkt.

De berekende P-concentraties worden sterk beïnvloed door de STONE-versie. Onderling is een duidelijke trend, hoewel in de MV5-uitkomsten de waarden een factor 2 hoger liggen dan bij de EMB.

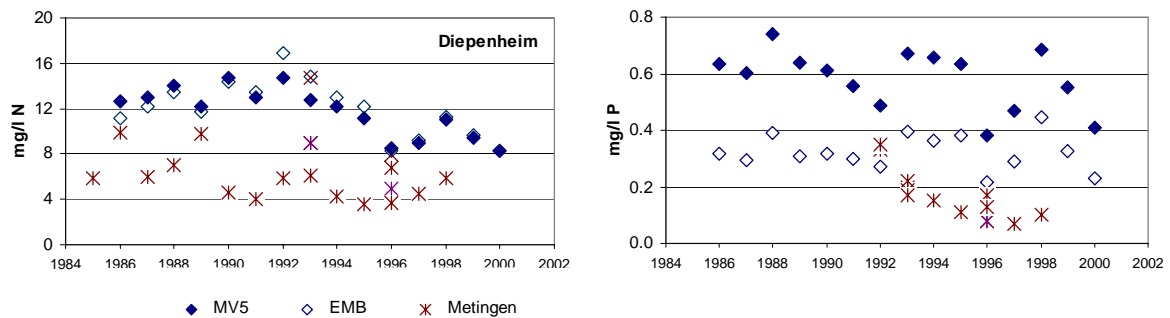


Fig. 20 Berekende en gemeten N- en P-gehalten in het deelstroomgebied van de Regge ten oosten van Diepenheim

4.2 Analyse

Voor het geselecteerde afwateringsgebied zijn de toegediende hoeveelheden aan stikstof en fosfor afkomstig uit de dierlijke mest in overeenstemming met de praktijk. De verdeling over gras en maïs kan per STONE-versie verschillen. De maïspcelen in dit gebied hebben in het verleden geen extreme hoeveelheden drijfmest ontvangen.

De concentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater worden bepaald door de afvoerhoeveelheden van de 3 drainage niveaus (fig.21). Stikstof zal tijdens stroming door het diepe ontwateringsstelsel (drainage 1) gedeeltelijk verdwijnen door denitrificatie vanwege de langere verblijftijd. Fosfor, dat in de bovengrond wordt vastgelegd, zal op dat niveau (drainage 3) dan ook de hoogste concentraties hebben. De waterverdeling over de 3 drainage niveaus is tenslotte bepalend voor de berekende oppervlaktewaterconcentraties (tabel 16).

Tabel 17 N- en P-concentraties (mg/l) in de afvoer vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater via de 3 drainage systemen (zie ook fig. 21)

	Afv (mm)	stikstof		fosfor	
		MV5	EMB	MV5	EMB
Drainage 3	130	18.5	16.2	1.23	0.85
Drainage 2	98	9.2	10.2	0.41	0.20
Drainage 1	113	4.4	5.3	0.27	0.09
Oppervlaktewater	314	11.1	10.9	0.67	0.41

Het fosforgehalte in de waterstroom van het eerste drainage niveau wordt sterk bepaald door de mate van fosfaatverzadiging (FVG) in deze zone. Voor de landbouwgronden in dit gebied is de FVG berekend op 39% (gras) en 54% (maïs).

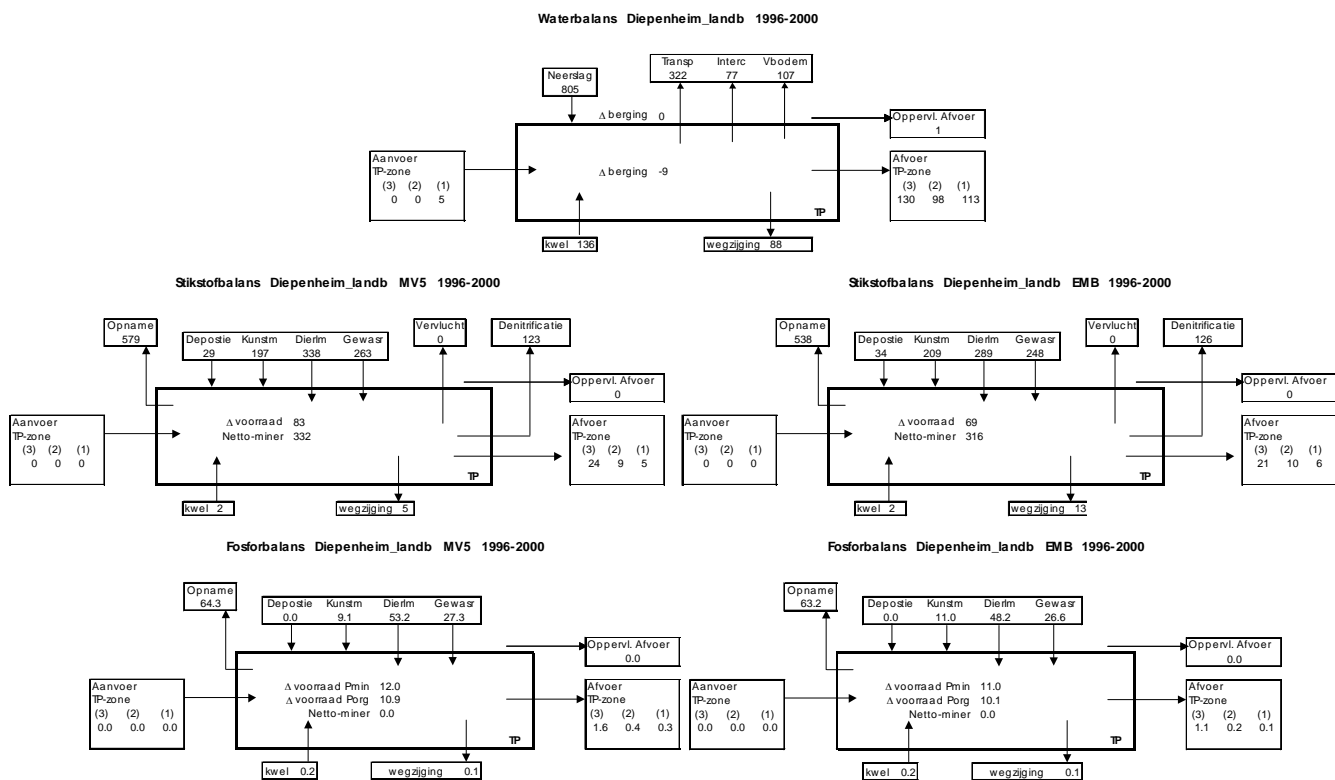


Fig. 21 Diagram met de balansposten voor de elementen water (mm), stikstof (kg/ha N) en fosfor (kg/ha P), gewogen gemiddeld voor alle landbouwplots in het deelstroomgebied van de Regge ten oosten van Diepenheim

De uiteindelijke toetsing is uitgevoerd met de uitkomsten van de EMB2002 en de meetresultaten van alle monsterpunten over de periode 1988-2000 (tabel 17).

Tabel 17 Resultaat van de toetsing op de gemeten en berekende N- en P-concentraties achter Diepenheim

	Tot.N-gehalte (mg/l N)	Tot.P-gehalte (mg/l P)
EMB	12.0	0.33
Meetpunten	6.7	0.17
Verh. berek./gem op jaarbasis	1.8	1.9

4.3 Conclusies

De stikstof- en fosfaataanvoer via de dierlijke mest in de MV5 en EMB (berekend voor geheel Twente) komen in het jaar 1998 goed overeen met de berekende mestgiftten voor de gemeente Diepenheim. Deze zijn afgeleid uit de dieraantallen van de meitelling van dat jaar. Binnen de gemeente Haaksbergen is de rundveehouderij en de vlessector sterker vertegenwoordigd, met als gevolg een grotere mestproductie en tevens een hogere stikstofbehoefte om aan de voederbehoefte te voldoen, dan in de gemeente Diepenheim.

De P-bemesting is in de EMB2002 hoger dan de wettelijke toelaatbare P-norm. De norm wordt al overschreden met de dierlijke mestgift. P-kunstmest wordt vervolgens ook toegediend met 7 kg/ha P. De vraag is of dit in overeenstemming is met de praktijk. In Haaksbergen wordt op gemeentelijk niveau een bemesting berekend, die

boven de wettelijke P-normen uitstijgt. In de praktijk vormen de gemeentegrenzen bij het verdelen van de overschotten, met name wanneer er sprake van is van een enclave met intensieve dierteelten.

Het verschil tussen de P-concentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater in berekeningen van de MV5 en de EMB2002 is een factor 2. De oorzaak ligt in het concept verschillen van het model STONE 2.0 en 2.0a.

De berekende concentraties zijn in beide gevallen groter dan de gemeten concentraties.

Voor de toets zijn de uitkomsten van de EMB gebruikt en de meetresultaten van de 5 bemonsterde locaties. Het resultaat van de toets luidt:

$$\text{berN-conc/gemN-conc} = 1.8$$

$$\text{berP-conc/gemetP-conc} = 1.9$$

5 Toetsing aan gegevens van het gebied rondom Weerselo

5.1 Gebiedsbeschrijving

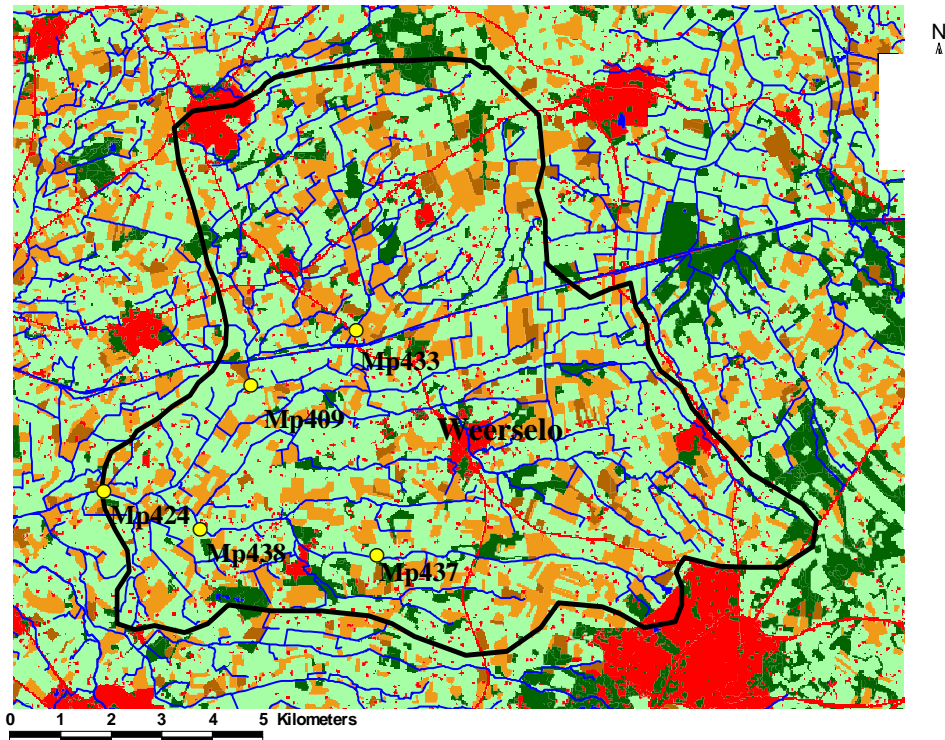


Fig. 22 Afwateringsgebied met meetpunten rondom Weerselo

Het geselecteerde gebied rondom Weerselo ligt voor 85% in de gemeente Weerselo en voor 15% in de gemeente Tubbergen. Het stroomgebied is ca. 9150 ha groot en omvat 188 plots. Van het oppervlak van deze UC's ligt 1 tot 80% in het betreffende gebied. Gemiddeld komt dit neer op 7% van het totale plotoppervlak.

Uit de schematisatie volgt dat het gebied voor 85% uit zandgronden bestaat en voor het resterende deel uit klei- en veengronden. De geologie wordt gekarakteriseerd als Pleistocene gronden in Oost-Nederland.

Tabel 19 Bodemgebruik volgens de STONE schematisatie

Bodemgebruik	(%)	Agrarisch bodemgebruik (%)
gras	56	68
maïs	24	30
bouwland	1	2
natuur	19	-

Het bemonsteren van het oppervlaktewater heeft plaatsgevonden op 5 locaties. Deze zijn weergegeven in fig. 22. De waterafvoeren zijn niet gemeten. De

frequentie van bemonsteren is niet bekend. De kwaliteitsgegevens zijn ontleend aan de CIW-enquête, waarin de metingen als jaargemiddelden worden gepresenteerd. De bemonsteringen zijn op de volgende locaties uitgevoerd met vermelding van de bijbehorende codes en xy-coördinaten:

WS_RD	433	reutumerbeek fler	(252,9 / 487,9)
WS_RD	437	spi-lemsbeek saasveld	(253,3 / 483,7)
WS_RD	438	spi-lemsbeek saasveld	(249,8 / 484,2)
WS_RD	409	fleringerm.b. rikkerpoelsw. alb.	(250,8 / 486,9)
WS_RD	424	loolee zenderneweg albergen	(247,9 / 484,9)

5.1.1 Bemesting

De bemestingsgegevens voor de STONE-berekeningen in het gebied Weerselo zijn dezelfde als voor Diepenheim. Beide gebieden liggen in de regio Twente (Leiregio 8).

De bemesting aangegeven in de EMB2002 ligt in de historie gedurende de jaren tachtig soms wel enkele tientallen procenten hoger dan de bemesting, die is aangeleverd voor de MV5 berekeningen. In loop van de jaren negentig is de bemesting van beide gevallen sterk afgenomen tengevolge van veranderend mestbeleid, terwijl de verschillen in de jaren negentig tussen de scenario's onderling te verwaarlozen zijn.

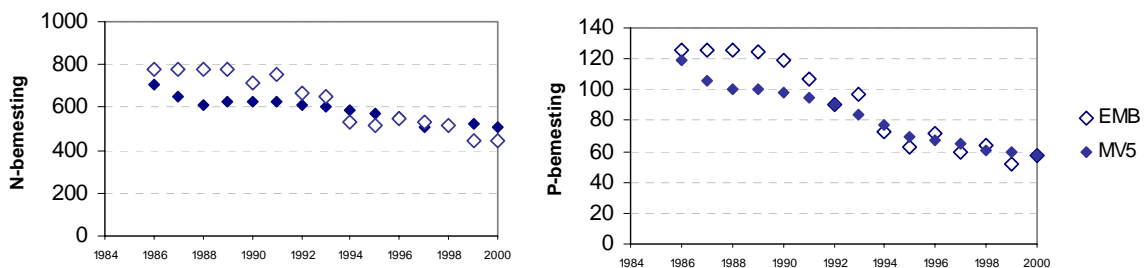


Fig. 23 De N- en P-bemesting (kg/ha) van de MV5 en de EMB

Voor de jaren 1996-2000 is de gemiddelde P-gift:

MV5: 535 kg/ha N en 62 kg/ha P;

EMB: 499 kg/ha N en 59 kg/ha P.

De wettelijke P-norm voor gras is 75 kg/ha en voor maïs 55 kg/ha P. In de EMB2002 worden deze niveaus voor maïs oversteegen met de org. mest giften en nog versterkt door de P-kunstmest (tabel 20).

Tabel 20 Bemesting in de MV5 en de EMB, gemiddeld voor de jaren 1996-2000 in Leiregio 8 (Twente)

	MV5		EMB	
	gras	maïs	gras	maïs
Ndier (kg/ha N)	374	245	260	370
Nkunstm “	263	42	271	41
Pdier (kg/ha P)	56	45	40	70
Pkunstm “	9	10	12	7

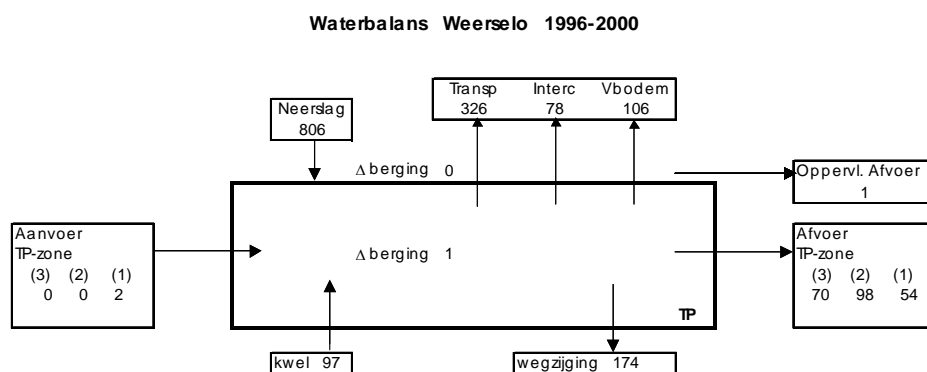
Voor de gemeente Weerselo en Tubbergen is op gelijke wijze als voor Diepenheim en Haaksbergen een tabel samengesteld, met vermelding van de berekende bemesting met als uitgangspunt de dieraantallen van de metelling 1998 (tabel 21). De methodiek is beschreven in het hoofdstuk 4.1.1.

Tabel 21 Bemesting (kg/ha) voor de gemeenten in het stroomgebied, berekend uit metelling van 1998.

Jaar 1998	Weerselo (3.0 vgve/ha)		Tubbergen (3.11 vgve/ha)	
	gras	maïs	gras	maïs
N-behoefte	334	190	341	190
Ngift: dierlijk	376	235	423	256
Nwerkz	107	115	146	106
kunstm	227	75	195	84
P-behoefte	47	33	48	33
P-gift: dierlijk	59	41	75	51
kunstm	0	0	0	0
P-norm	75	55	75	55

5.1.2 Waterbalans

Van het gebied zijn geen afvoergegevens bekend. Uit de STONE-schematisatie is de waterbalans te herleiden uit de balansposten. De balansposten zijn voor zowel de MV5- als de EMB-berekeningen identiek. De onderstaande resultaten hebben betrekking op het gehele gebied en zijn het gewogen gemiddelde naar oppervlak. Ze hebben betrekking over het totale profiel (TP-profiel: 0 tot 13m-mv).



Balansposten	(mm)
Neerslag	806
Infiltratie uit oppvlwater	2
Kwel	97
Bergingsverschil	1
Transpiratie+interceptie +bodemverdamping	- 510
Afvoer naar opvlwater	- 223
Wegzijging	- 174

Gemiddelde grondwaterstand: 1.80 m-mv

Het gebied is een infiltratie gebied met een vrij diepe grondwaterstand. Het neerslagoverschot wordt verdeeld over de afvoer naar het oppervlaktewater en naar het regionale grondwatersysteem. Naarmate de ene post toeneemt, zal de ander afnemen.

In de verdeling over de 3 drainage niveaus ligt het accent op de afvoer naar sloten. Een groot deel van het grondwater stroomt af door het diepe profiel.

5.1.3 Gemeten en berekende nutriëntenconcentraties

In figuur 24 worden de berekende concentraties in de afvoeren naar het oppervlaktewater als uitkomsten van STONE 2.0 en 2.0a vergeleken met de gemeten concentraties in het gebied. De bemestingsverschillen tussen het MV5- en het EMB-2002 zijn onderling gering (fig. 19). De bemestingshoeveelheden zijn voor beiden in de loop der jaren afgenomen voor zowel stikstof (10%) als voor fosfor (40%). Dalingen in concentraties kunnen niet alleen verklaard worden uit de bemesting. Daarvoor zijn de verschillen te groot. Om iets te kunnen zeggen over het verloop van de meetwaarden is het aantal in de tijd beperkt. De N-concentraties liggen wel in de zelfde range als de metingen in het deelgebied achter Diepenheim. Zowel in de MV5- als in de EMB-simulaties vertoont de concentratie dezelfde trend als in het deelstroomgebied achter Diepenheim. De gehalten liggen echter iets hoger (ca. 10%).

Hoewel de fosfaatbemesting is in de loop der jaren sterk is afgenomen komt dat niet direct tot uiting in het concentratieverloop. In 1992 is ook in dit gebied de gemeten P-concentratie relatief hoog. Vermoedelijk kan dit verband houden met het oude systeem van bemesten. Metingen van voorgaande jaren zijn niet bekend. Vergeleken met het vorige deelgebied liggen de berekende P-concentratie ca. 10 á 15% lager. De gemeten P-concentraties liggen in dezelfde range als de gemeten waarden in het andere deelgebied. Het verschil in de berekende concentraties zal grotendeels veroorzaakt worden door het modelconcept van de verschillende STONE-versies. De trend in de tijd is duidelijk aanwezig, hoewel de niveaus een factor 2 verschillen.

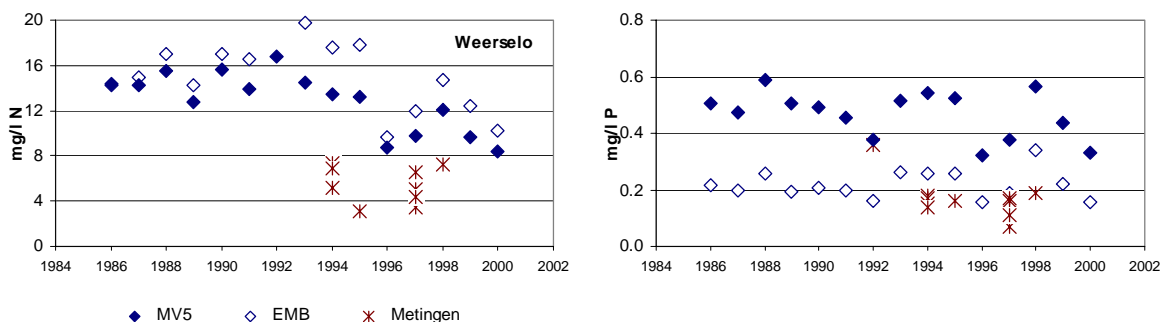


Fig.24 Berekende en gemeten N- en P-gehalten in het deelstroomgebied van de Regge rondom Weerselo

5.2 Analyse

De kwaliteit en de kwantiteit van de 4 afzonderlijke drainage niveaus (fig. 25) bepalen uiteindelijk de concentraties in het oppervlaktewater:

- afvoer over het maaiveld; qua hoeveelheid van gering belang, maar concentraties kunnen soms hoog zijn.
- het ondiep drainage niveau (niveau 3); het grondwater stroomt via een korte route naar greppels en sloten. De hoeveelheden kunnen fors zijn mede omdat de concentraties gerelateerd zijn aan nutriëntenvoorraad in de wortelzone.
- het matig diepe drainage niveau (niveau 2); het grondwater stroomt af naar kavelsloten via korte route naar greppels en sloten. Nitraatstikstof zal voor een deel denitrificeren en afhankelijk van de fosfaatverzadigingsgraad in de verzadigde zone zullen de concentraties lager liggen dan in het bovenliggende niveau.
- het diepe drainage niveau (niveau 1); via dit systeem stroomt het grondwater door de diepe ondergrond naar weteringen en kanalen. Naarmate de slootdichtheid afneemt zal deze waterflux relatief toenemen, los van kwelinvloeden.

Tabel 22 N- en P-concentraties (mg/l) in de afvoer naar het oppervlaktewater voor het gehele gebied en voor de verschillende bodemgebruiksvormen afzonderlijk (zie ook fig. 25,26 en 27).

<i>Stroomgebied</i>	Afv (mm)	stikstof		fosfor	
		MV5	EMB	MV5	EMB
random Weerselo					
Oppervl. afvoer	<1	8.4	8.7	0.45	0.47
Drainage 3	70	17.6	17.7	0.87	0.53
Drainage 2	98	8.4	12.1	0.30	0.12
Drainage 1	54	4.8	7.4	0.20	0.11
Oppervlaktewater	223	10.4	12.7	0.45	0.25
Afv. regio grondw.	77	6.6	16.9	0.11	0.07
grasland					
Oppervl. afvoer	<1	84.0	84.3	3.2	3.5
Drainage 3	69	20.3	15.9	0.90	0.33
Drainage 2	105	8.6	12.4	0.30	0.10
Drainage 1	51	3.9	7.8	0.20	0.10
Oppervlaktewater	226	11.2	12.6	0.47	0.18
Afv. regio grondw.	41	5.6	10.3	0.12	0.08
maïs					
Oppervl. afvoer	<1	1.9	2.4	0.45	0.47
Drainage 3	81	19.3	25.6	1.12	1.10
Drainage 2	94	9.9	14.3	0.37	0.37
Drainage 1	72	5.8	8.7	0.25	0.25
Oppervlaktewater	239	11.5	15.9	0.58	0.48
Afv. regio grondw.	143	9.1	32.2	0.18	0.06
natuur					
Oppervl. afvoer	<1	2.1	2.4	0.07	0.06
Drainage 3	60	8.5	8.7	0.33	0.15
Drainage 2	91	4.8	7.7	0.15	0.09
Drainage 1	45	3.3	5.8	0.13	0.09
Oppervlaktewater	197	5.6	7.6	0.20	0.11
Afv. regio grondw.	75	4.7	7.9	0.08	0.08

De som van de waterafvoeren naar het oppervlaktewater van de verschillende bodemgebruiksvormen verschillen niet veel. De grootte van deze waterafvoer wordt bepaald door het neerslagoverschot en de interactie met het regionale grondwatersysteem. Voor maïsland, grasland en natuur is het jaarlijkse neerslagoverschot resp. 389, 264 en 263 mm. Onder maïs is de wegzijging duidelijk groter dan onder grasland.

De afvoer van het neerslagoverschot is te verdelen in 5 vormen:

- oppervlakteafvoer: stelt qua waterhoeveelheid weinig voor. Bij grasland liggen de concentraties behoorlijk hoog. Hierbij moet gedacht worden aan een additie op het maaiveld, die samenvalt met een periode met veel neerslag, waardoor er sprake kan zijn van een oppervlakteafvoergebeurtenis. De bijdrage aan de belasting van het oppervlaktewater is hier door al gauw 10% hoger geworden;
- het bovenste drainagesysteem: belangrijk voor de P-belasting van het oppervlakte water. Vooral bij snijmaïs zijn deze concentraties relatief hoog. De natuurplots vertonen duidelijk lagere waarden. De FVG is voor snijmaïs berekend op 39% en voor grasland op 32 %;
- het middelste drainagesysteem: de concentraties voor zowel N als P zijn duidelijk lager geworden;
- het diepe drainage systeem: door het ontbreken van eutrofe kwel in deze regio nemen de N- en P-concentraties nog verder af;
- afvoer naar het regionale grondwatersysteem: de concentraties in het grondwater naar de diepere ondergrond wordt voornamelijk beïnvloed door de verticale waterbeweging in het profiel en in mindere mate door eventuele kwel. Uit tabel 21 blijkt dat concentraties in de afvoer naar het regionale grondwaterstelsel voor zowel N als P consequent hoger liggen dan de concentraties in drainagesysteem 1 en in de kwelstroom. Deze waarneming wordt bevestigd door de balansdiagrammen in de figuren 25, 26 en 27. Een mogelijke verklaring is dat onderin het profiel de invloed van hoge bemestingen bij de landbouwplots nog merkbaar zal zijn en voor de natuurplots de invloed van de hogere deposities op de N-gehalten. Dit lijkt echter niet aannemelijk omdat het verschijnsel zich ook bij de natuurgebieden voordoet.

Verschillen in de uitspoeling van stikstof en fosfor van de 2 scenario's zijn niet consequent. De EMB-uitkomsten geven hogere N-concentraties en lagere P-concentraties te zien in de gezamenlijke afvoer naar oppervlakte water. Het achterliggende modelconcept dat ten grondslag ligt aan de 2 scenario's moet hiervan de oorzaak zijn.

De uiteindelijke toetsing is uitgevoerd met de uitkomsten van de EMB2002 en de meetresultaten van alle monsterpunten over de periode 1988-2000 (tabel 23).

Tabel 23 Resultaat van de toetsing op de gemeten en berekende N- en P-concentraties rondom Weerselo

	Tot. N-gehalte (mg/l N)	Tot.P-gehalte (mg/l P)
EMB	15.4	0.22
Meetpunten	5.6	0.17
Verh. berek./gem op jaarbasis	2.7	1.3

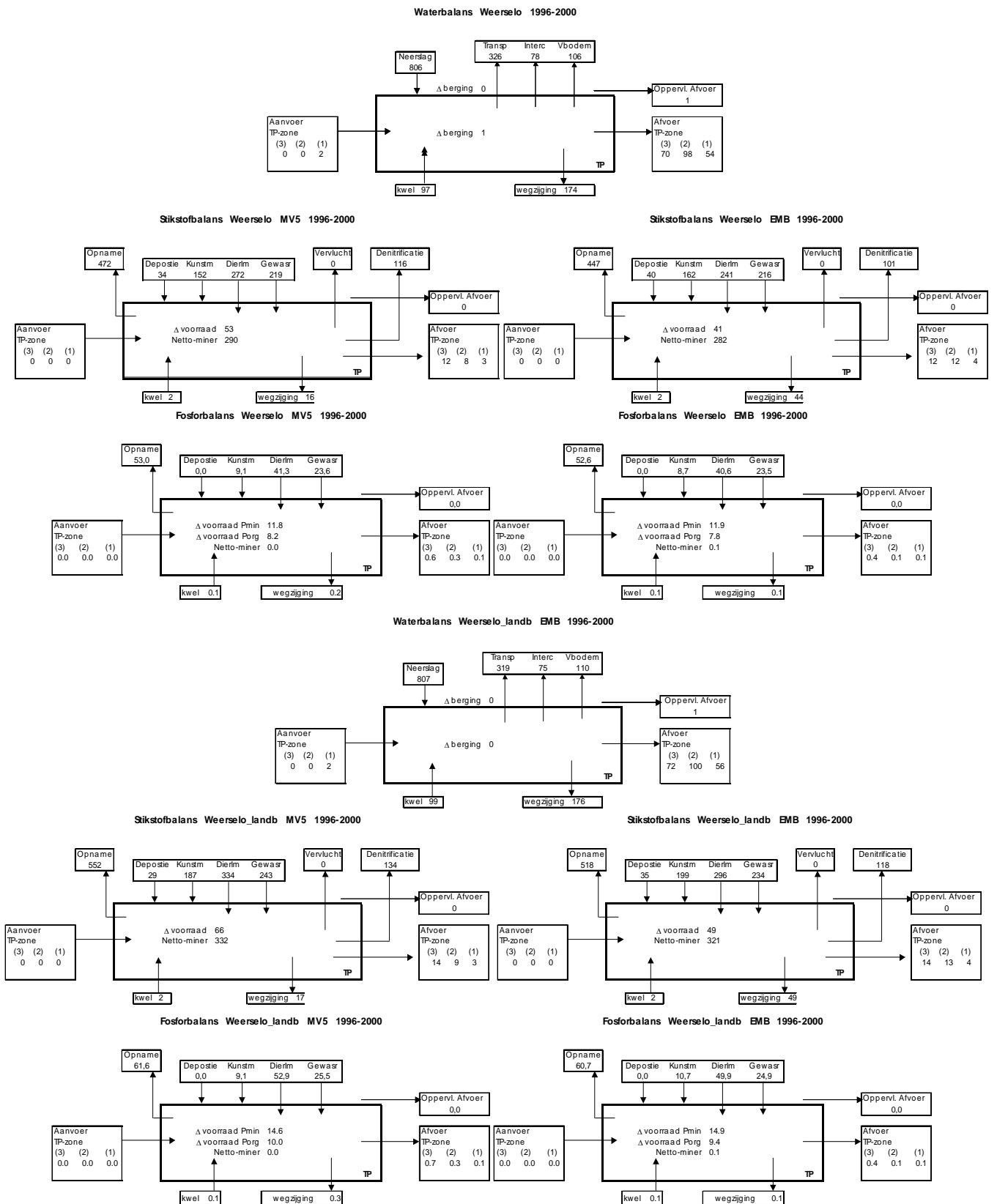
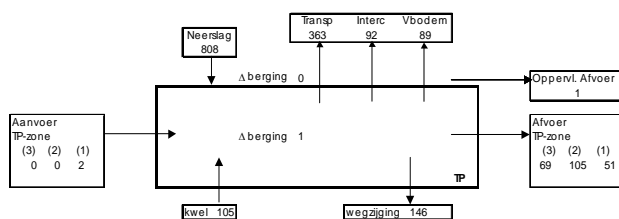
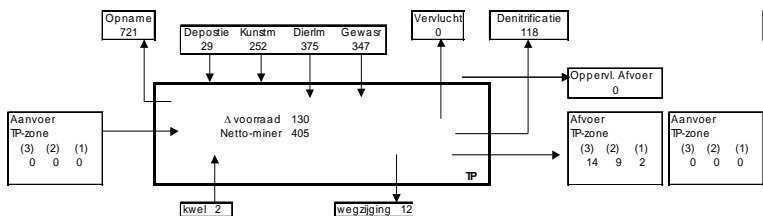


Fig. 25 Diagram met de balansposten voor de elementen water (mm), stikstof (kg/ha N) en fosfor (kg/ha P), gemiddeld voor a) alle plots en b) de landbouwplots in het deelstroomgebied van de Regge rondom Weerselo

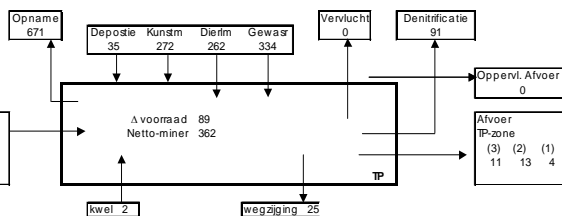
Waterbalans Weerselo gras 1996-2000



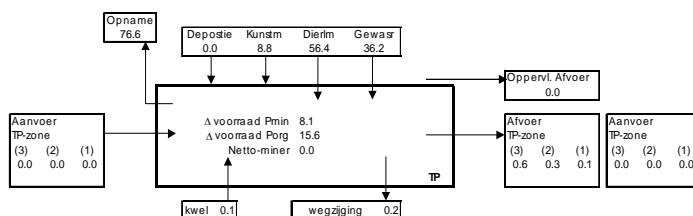
Stikstofbalans Weerselo MV5_gras 1996-2000



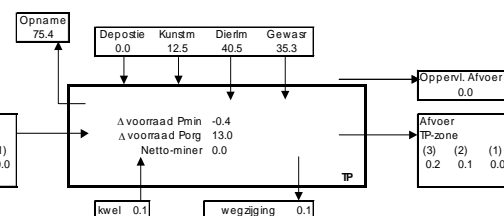
Stikstofbalans Weerselo EMB_gras 1996-2000



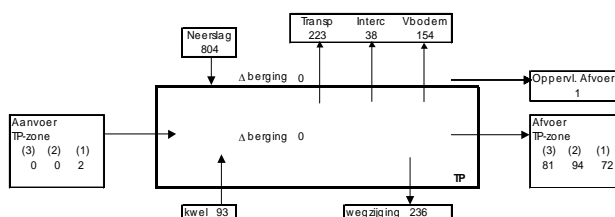
Fosforbalans Weerselo MV5-gras 1996-2000



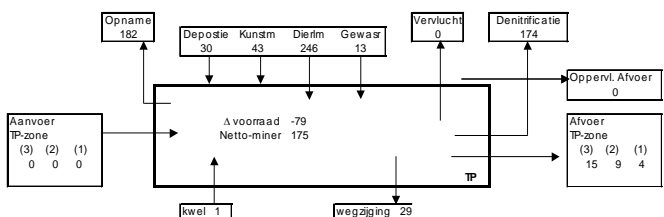
Fosforbalans Weerselo EMB-gras 1996-2000



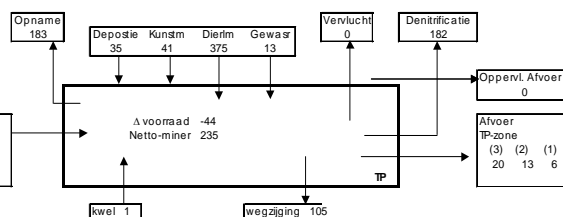
Waterbalans Weerselo mais 1996-2000



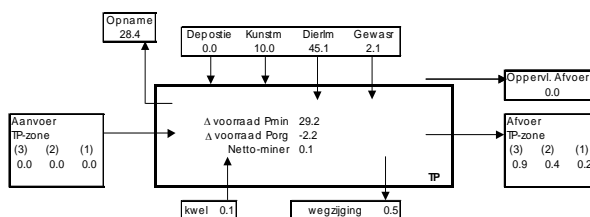
Stikstofbalans Weerselo MV5_mais 1996-2000



Stikstofbalans Weerselo EMB_mais 1996-2000



Fosforbalans Weerselo MV5_mais 1996-2000



Fosforbalans Weerselo EMB_mais 1996-2000

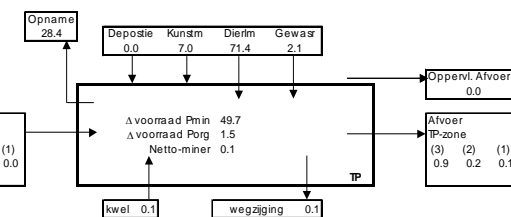


Fig 26 Diagram met de balansposten voor de elementen water (mm), stikstof (kg/ha N) en fosfor (kg/ha P), gemiddeld voor a) de graslandplots en b) de maïsplots in het deelstroomgebied van de Regge rondom Weerselo

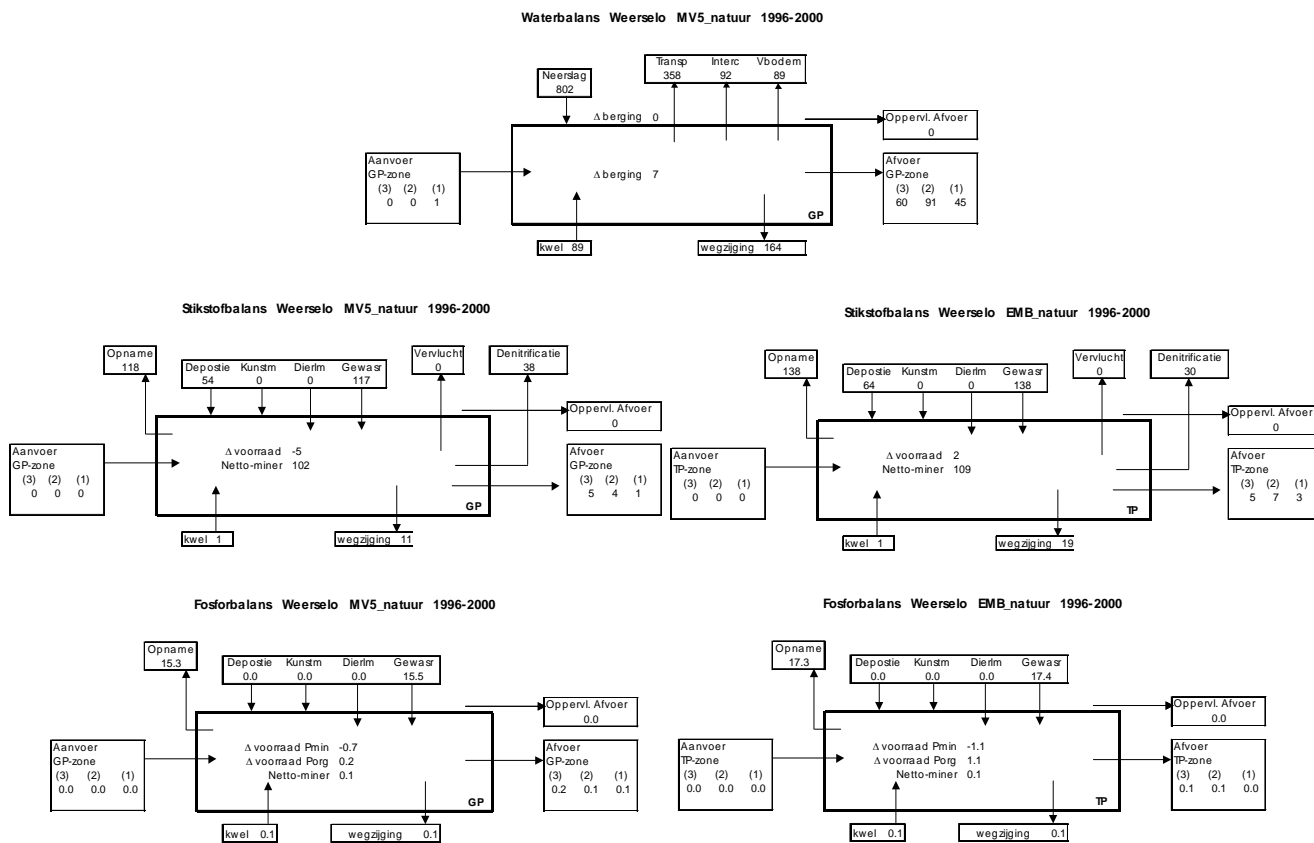


Fig. 27 Diagram met de balansposten voor de elementen water (mm), stikstof (kg/ha N) en fosfor (kg/ha P), gemiddeld voor de natuurplots in het deelstroomgebied van de Regge rondom Weerselo

5.3 Conclusies

De stikstof- en fosfaatanvoer via de dierlijke mest in de MV5 en EMB komen in het jaar 1998 goed overeen met de berekende mestgiften van de gemeenten Weerselo en Tubbergen (afgeleid uit de dieraantallen in de meitelling van dat jaar). De berekende N- en P-concentraties liggen lager dan in het gebied Diepenheim. Voor de P-concentraties is dit wel 25%, en voor N ca. 20%.

Het gebied rondom Weerselo is een wegzijgingsgebied, waarvan het aantal mm's per plot sterk kan verschillen. Ten opzichte van het gebied ten oosten van Diepenheim zijn de afvoeren naar het oppervlaktewater beduidend lager (ca. 100 mm).

Volgens de SWAP-berekeningen is het gebied rondom Weerselo relatief droog (gem grwst. 1.80-mv). Voor Diepenheim is de gem. grondwaterstand berekend op 1.15 m-mv.

Het verschil tussen de P-concentraties naar het oppervlaktewater in de MV5 en de EMB is een factor 2. Uit de balansdiagrammen volgt dat de verschillen met name bij de graslandplots gezocht moeten worden.

De natuurplots hebben lage concentraties, waardoor het gebiedsgemiddelde sterk naar beneden getrokken wordt.

De berekende gebiedsconcentraties liggen voor zowel stikstof als fosfor hoger dan de gemeten concentraties op de 5 locaties.

De gemeten N-concentraties in het openwater achter Diepenheim zijn iets hoger, terwijl de P-gehalten geen noemenswaardige verschillen vertonen.

De concentraties in het grondwater dat afvloeit naar het regionale grondwater-systeem liggen systematisch hoger dan de concentraties in het diepe grondwater-systeem en in de kwelaanvoer.

Voor de toets zijn de uitkomsten van de EMB2002 gebruikt.

Het resultaat van de toets is:

$$\text{berN-conc/gemN-conc} = 2.7$$

$$\text{berP-conc/gemetP-conc} = 1.3$$

Literatuur

Boer, W.A. de, G.L. Negate, H.P. Oosterom en C.W.J. Roest, 1996. *Afvoer van water, stikstof en fosfor in het Schuitenbeek-stroomgebied; beekafvoeren 1988-1994*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 424.2. 195 pp.

Blois, C.J. de, 2001. *Bestrijdingsmiddelenonderzoek Beerze-Reusel mei-juni 1999: resultaten meetprogramma in het kader van PREGO en BOREAS*. RIZA Werkdocument 2002.023X

Blois, C.J. de, en F.M.R. Leus 2002 *Publicatie in proceedings Integrated assessment of nutrient flows on the regional level : a decision support system in Proceedings 6th International Conference on Diffuse Pollution, Amsterdam, 30 September - 4 October 2002*. International Water Association (IWA) and the Netherlands Association on Water Management (NVA), pp. 528-529.

Breeuwsma, A., J.G.A. Reijerink, O.F. Schoumans, D.J. Brus en H. van het Loo, 1989. *Fosfaatbelasting van bodem, grond- en oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitenbeek*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 10. 92 pp.

Hendriks, R.F.A., J.W.H. van der Kolk en H.P. Oosterom, 1994. *Effecten van beheersmaatregelen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van het peilgebied Bergambacht; een modelstudie*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 272. 162 pp.

Horst, M.M.S. ter en J. Wolf, 2002. *Toetsing van STONE2.0. Vergelijking van simulatie-resultaten van STONE en ANIMO met meetgegevens van veldexperimenten*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Rapport 732.1. 178 pp.

Negate, G.L., H.P. Oosterom, J. Pankow, J. Ouden Voshaar, C.W.J. Roest en A. van der Toorn, 1997 *Afvoer van water, stikstof en fosfor in het Schuitenbeek-stroomgebied; veldonderzoek 1988-1994*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 424.1. 84 pp.

Oosterom, H.P. 1996. *NPK_gras, een programma om de bemesting op grasland te berekenen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Conceptrapport 557. 42 pp.

Portielje, R.P., P. Groenendijk en H.P. Oosterom, 2002. *Toetsing STONE 2.0. Toetsing aan de landelijke waterkwaliteitsenquête*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Rapport 723.3. 37 pp.

Portielje, R., J.W.J. van der Gaast, J.W.H. van der Kolk, O.F. Schoumans, P.C.M. Boers, 2002. *Nutriëntenconcentraties en -trends in kleine landbouwbeïnvloede wateren, 1985-2000*. RIZA-rapport 2002.008, Alterra-rapport 472, ISBN 9036954274, 62 pp.

Roelsma, J., A.H.W. Beusen, P Groenendijk, 2003. *Aanpassingen in STONE 2.0 ten behoeve van berekeningen voor Evaluatie Mestwetgeving 2002*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Interne rapportage. 48 pp.

Wolters, R.T., R.F.A. Hendriks, 2002. *OPTIMIX: Vaststellen van optimale mix van maatregelen voor realisatie van waterkwaliteitsnormen in proefgebieden; een modelstudie (deel 1: Bodem)*. Wageningen, Alterra, Rapport 409. 91 pp.