

stowa

DE VLIETPOLDER IN ZUID-HOLLAND IN BEELD

WATER- EN NUTRIENTEN- HUISHOUDING VAN EEN VEENWEIDEGEBIED



RAPPORT

2004
30

WATER- EN NUTRIËNTENHUISHOUDING VAN EEN VEENWEIDEGEBIED

RAPPORT

2004
30

ISBN 90.5773.270.x



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 629 33 32 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

COLOFON

Utrecht, 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

AUTEURS G.A.P.H. van den Eertwegh, Hoogheemraadschap van Rijnland, Leiden
C.L. van Beek, Alterra, Wageningen

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2004-30

ISBN 90.5773.270.x

Dit rapport is eerder verschenen bij het Hoogheemraadschap van Rijnland onder de titel
'Veen, Water en Vee. Water- en 'nutriëntenhuishouding van een veenweidepolder'

SAMENVATTING RESULTATEN

In de veenweidegebieden binnen Rijnland worden de MTR-normen voor N en P niet gehaald. De ecologische toestand van poldersloten laat te wensen over. Er is sprake van verschijnselen van eutrofiëring in zowel polders in de vorm van flab (clusters van draadalgen) en kroos, als in de boezem in de vorm van algen. Een overmatige aanwezigheid van N en P in het water ligt hier mede ten grondslag aan. Om het aandeel van N en P via de belasting van open water in veenpolders en de belasting van de boezem hierdoor duidelijk te maken is het Veenweideproject in de Vlietpolder bij Hoogmade opgestart.

De eerste fase van het Veenweideproject is uitgevoerd gedurende de periode 1999 - 2003. Het doel van deze fase was 1) kwantificering van de stikstof (N) en fosfaat (P) belasting van het boezemwater door het uitgeslagen water uit de polder, 2) kwantificering van de bijdrage van de landbouw aan de N en P belasting van het oppervlaktewater, en 3) het opstellen van maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren op basis van inzichten verkregen uit metingen. Om deze doelen te verwezenlijken zijn een aantal deelonderzoeken uitgevoerd. De resultaten van deze deelonderzoeken zijn reeds gepubliceerd, of de publicaties zijn in voorbereiding. In de onderhavige rapportage worden de resultaten van de verschillende deelonderzoeken samengevat en met elkaar in verband gebracht om tot een synthese te komen. Het project is uitgevoerd in de Vlietpolder, gelegen nabij Hoogmade in Zuid-Holland. Deze polder is representatief voor niet-vergraven veenweidepolders in de kuststreek: een hoge grondwaterstand, veel oppervlaktewater en een intensief landbouwkundig gebruik in de vorm van melkveehouderij op grasland.

De percelen kennen een zogenaamde ontwaterde laag ten gevolge van de drooglegging van het veen voor landbouwkundig gebruik. Deze laag wordt doorstroomd met water: het grootste deel van het neerslagoverschot komt via deze laag tot afvoer in de sloot. De ontwaterde laag is zichtbaar in de vorm van de chemische samenstelling van het grondwater. Deze samenstelling is tussen 0 en 2 m-m.v. anders dan dieper dan 2 m-m.v., en wel bovenin zoeter en minder rijk aan nutriënten dan onderin. Bijna het gehele neerslagoverschot komt in de ontwaterde laag tot afvoer naar de sloot, er vindt weinig wegzijging naar het regionale grondwater plaats (< 25 mm/j). Zo'n 60% van het neerslagoverschot dat via de ontwaterde laag de sloot bereikt doet dat via stroming door een zone tussen maaiveld en 0,25 m-m.v.

De samenstelling van het oppervlaktewater laat zien dat voor Cl en SO₄ de MTR-waarden gehaald worden, voor N en P echter niet. Hiervoor is de overschrijding een factor 1,7 en 3,3. Dalingen in de stofconcentraties in het polderwater gedurende de periode van fase I zijn niet waargenomen. Dit wil niet zeggen dat de inspanningen die de melkveehouders in fase I geleverd hebben niet tot een verbetering van de waterkwaliteit leidden. De reactietijd van het bodem-water-systeem, het relatieve aandeel van landbouwmeststoffen in de bronnen van N en P in het slootwater en de variatie in weersomstandigheden zijn redenen hiervoor. Hierbij wordt opgemerkt dat voor P een langere adem en meer inspanning nodig zal zijn om meetbare effecten te zien in het open water in vergelijking met N. De ecologische beoordeling volgens de STOWA-methode van een aantal sloten in de polder leverde globaal voldoende resultaat op. De voedselrijkdom was wel duidelijk merkbaar en had een negatief effect op deze beoordeling. De belasting van het boezemwater via de gemaalafvoer uit de polder bedroeg gemiddeld 350 kg/ha/j Cl, 34 kg/ha/j N en 2,8 kg/ha/j P voor de periode

januari 2000 tot april 2003. Voor N en P in het open water van de Vlietpolder zijn verschillende bronnen gekwantificeerd, gesplitst naar de zomer- en wintersituatie (Tabel S1).

TABEL S1

RELATIEVE BIJDRAGE VAN N- EN P-BRONNEN AAN DE BELASTING VAN HET OPPERVLAKTEWATER IN DE VLIETPOLDER (%), VERDEELD OVER DE WINTER- EN ZOMERSITUATIE, VOOR DE PERIODE JANUARI 2000-MAART 2003.

Bron	N	P	N	P
	Winter	Winter	Zomer	Zomer
Atmosferische depositie	3-4	<1	10-15	<5
Inlaatwater	0-3	0-4	10-20	30-35
Meststoffen landbouw	20-40	20-45	15-30	25-40
Afbraak organisch materiaal, incl. veen	10-30	10-25	10-20	10-15
Veenwater*	35-45	30-40	20-40	25-50

*: gedefinieerd hier als grondwater van beneden de ontwaterde laag van maximaal 2 m dikte. Dit grondwater heeft een duidelijk afwijkende chemische samenstelling t.o.v. water in de ontwaterde laag.

Er was een duidelijk verschil tussen de aanvoersituatie van water in de zomermaanden en de afvoersituatie in met name de winter. Tijdens de aanvoersituatie worden de kwaliteitsnormen voor het oppervlaktewater regelmatig overschreden, hetgeen leidt tot eutrofiëeringsverschijnselen in het oppervlaktewater van de polder. Gedurende de afvoersituatie wordt het boezemwater belast met N en P uit de polder. Er zijn dus twee soorten problemen bij de samenstelling van het oppervlaktewater:

- een overschrijding van de MTR-normen voor het polderwater, én
- een overmatige belasting van het boezemwater.

Hierbij doet het eerste probleem zich met name voor tijdens aanvoersituaties in de zomer en het tweede probleem met name tijdens afvoersituaties in de winter. De relatieve bijdrage van de afbraak van organisch materiaal inclusief het veen aan de belasting van open water is geringer dan van tevoren gedacht. Het aandeel van het veenwater, het grondwater dat zich beneden de ontwaterde laag van maximaal 2 m dikte bevindt is daarentegen groter dan gedacht. Dit veenwater komt in de sloot terecht omdat stoffen die zich in het grondwater beneden de ontwaterde laag bevinden via diffusie en dispersie in de stroombanen terecht komen binnen de ontwaterde laag. De stroming van water in deze laag zorgt vervolgens voor transport van de stoffen naar de sloten. Voor de eutrofiëring van het oppervlaktewater in de polder is na veenwater en bemesting het inlaatwater ook een belangrijke bron van N en P. Voor de N- en P-belasting van het boezemwater wisselen met name bemesting en veenwater elkaar af als belangrijkste factor, met ongeveer gelijke bijdragen. Alles bij elkaar komt het er dus op neer dat de ontwatering van de veengrond voor landbouwkundig gebruik, met als gevolg de afbraak van organische stof en de bijdrage van veenwater, de meeste meststoffen in de sloot terecht komen. De bemesting doet daar 's winters en 's zomers een schep bovenop, en inlaatwater doet dit ook in de aanvoersituatie. Slootpeilen en waterbeheer spelen dus naast bemesting een belangrijke rol in de kwaliteit van het water.

Gedurende het project werden de veehouders in de Vlietpolder gestimuleerd 1 jaar voor te lopen op de landelijk toegestane N- en P-verliesnormen volgens MINAS op bedrijfsniveau. Deze normen komen via generieke wetgeving tot stand in het kader van MINAS, dat staat voor MINeralen Aangifte- en registratieSysteem. De acties van de melkveehouders hebben vanaf 1999 geleid tot een reductie van ruim 30% van het N-overschot, van gemiddeld 270 kg/ha/j N in 1999 naar 180 kg/ha/j N in 2002, en ruim 70% reductie van het P-overschot,

van gemiddeld 22 kg/ha/j P in 1999 naar 6 kg/ha/j P in 2002. Deze afname heeft nog niet geleid tot een meetbare (lees: significante) daling van de belasting van het oppervlakte-water, mede vanwege de relatieve bijdrage van landbouwmeststoffen in de totale N- en P-belasting van de sloot (Tabel S1), de trage reactietijd van het bodem-water-systeem, alsmede door variatie in de weersomstandigheden. Droge en natte jaren hebben via de afbraak van organisch materiaal en het veenwater een wisselende invloed op de belasting van de sloot, die vertroebelend werkt op de zichtbaarheid in het totaal van een afname van de bron landbouwmeststoffen.

Mineralisatie van organische stof, waaronder veen, en de bijdrage van veenwater aan de belasting van het oppervlaktewater worden sterk gestuurd door de grondwaterstand en het peilbeheer, dat zorgt voor gradiënten in de samenstelling van het bodemwater en voor de stroming van water. De invloed van het slootpeil op de grondwaterstand in het midden van het perceel was niet 1:1. De resultaten van het Veenweideproject laten zien dat in een veenweidepolder niet één actor of bron verantwoordelijk is voor de N- en P-belasting van het oppervlaktewater. Bij een reductie van de N- en P-belasting van het oppervlaktewater in de Vlietpolder specifiek en in veenweidegebieden in algemene zin zullen *veehouders én waterbeheerders samen moeten werken* om tot een werkelijke verbetering van de oppervlakte-waterkwaliteit te komen.

Op basis van de resultaten van het Veenweideproject, gerapporteerd in diverse rapporten en artikelen, kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

ALGEMEEN

- De geologie en de ontwatering van de Vlietpolder, die afgestemd is op het grondgebruik, hebben een sterke invloed op de samenstelling van het oppervlaktewater.
- De Vlietpolder is representatief voor niet-vergraven veenweidepolders die onder invloed van de zee en zeewater hebben gestaan.
- De wegzijging van water naar het diepe grondwater is gering en bedraagt ongeveer 25 mm/j. Zo'n 80% van het neerslagoverschot komt tot afvoer in de sloot binnen twee jaar nadat de neerslag gevallen is. De stroming van water door de bodem is maximaal 2 m diep, waarbij 40 tot 60% van dat water via oppervlakkige afvoer, i.c. afvoer uit een zone tussen maaiveld en 0,25 m-m.v., de sloot bereikt.
- Langs welke routes komen de meststoffen in de sloot? De stofbelasting die via oppervlakkige afvoer naar de sloten tot stand komt bedraagt op jaarbasis voor stikstof gemiddeld ongeveer 35% van de totale belasting van het open water, en voor fosfor bijna 50% van de totale belasting. Voor de wintermaanden kunnen deze percentages oplopen tot 40-45% voor N en 60% voor P. De belasting van de sloten met nutriënten via ondiepe, oppervlakkige afvoerroutes van de percelen is dus een route van betekenis.
- Het is verstandig onderscheid te maken tussen de situatie waarin water wordt aangevoerd naar de polder en de waarin water wordt afgevoerd uit de polder. In een veenweidepolder kun je niet spreken van een jaargemiddelde situatie wanneer de nutriëntenproblematiek aan de orde is. Hiervoor moeten de aanvoersituatie, veelal in de zomer, en afvoersituatie van water, in meestal de winter, apart bekeken worden. Hiermee wordt beter inzicht verkregen in belasting van het polderwater en van het boezemwater.
- Peilbeheer en waterkwaliteit staan direct in contact met elkaar, integraal waterbeheer is dus geen overbodige luxe maar noodzaak.

MELKVEEHOUDERIJ

- Gedurende de meetperiode namen de N- en P-overschotten volgens MINAS en volgens balansen op bedrijfsniveau aanzienlijk af, bij een gelijkblijvend bedrijfsresultaat. Het is dus zeer wel mogelijk om bij lagere N- en P-overschotten “goed te boeren”.
- Door mineralisatie van organisch materiaal inclusief het veen kwam er jaarlijks 180-280 kg/ha N en 8-12 kg/ha P vrij, dat door het gras opgenomen kon worden. In vier aparte veldjes werd de gewasreactie en -opbrengst bepaald zonder meststoffen toegediend te hebben, m.u.v. de atmosferische depositie, en zonder de veldjes te berijden of beweiden. Na vier jaar was de droge stof opbrengst licht afgenomen en leek de voederwaarde iets te dalen. Ook de samenstelling van het gras leek iets veranderd, bijvoorbeeld door meer aanwezigheid van witbol. Hier is verder geen onderzoek naar gedaan. De nalevering van meststoffen uit de bodem is aldus hoog, en de samenstelling van het gras verandert bij het achterwege laten van bemesting.

BODEM

- N-verliezen door denitrificatie bedroegen circa 170 kg/ha/j N. Dit is aanzienlijk hoger dan tot nu toe gepubliceerde en bekende resultaten. De verklaring ligt in het feit dat tot nu toe denitrificatie metingen enkel in de bovengrond werden uitgevoerd (0-0,2 m). Deze aanpak lijkt geldig voor zandgronden, maar leidt tot een onderschatting van de denitrificatie in veengronden. In de Vlietpolder was bijna 70% van de jaarlijkse N-verliezen door denitrificatie afkomstig uit bodemlagen dieper dan 0,2 m-m.v.
- N-verliezen door denitrificatie waren niet gerelateerd aan de grondwaterstand. Door de grote hoeveelheid organische stof in het hele bodemprofiel, werd denitrificatie ook op grotere diepte niet geremd door een tekort aan electron-donoren en organische stof. De hoogste N verliezen door denitrificatie werden gevonden in de lagen net boven de grondwaterstand. Als gevolg hiervan werd het totale N-verlies, d.w.z. de som van de denitrificatie over de bodemlagen tot aan de grondwaterstand, enkel bepaald door het nitraatgehalte van de grond. De N-verliezen variëren over het jaar.
- De bodem van de Vlietpolder leverde netto sulfaat (SO_4) aan het open water. Zeer waarschijnlijk heeft dit te maken met de oxidatie van sulfideverbindingen, aanwezig in de veenbodem (FeS bijv.) door zuurstof en nitraat, en met de afbraak van slootbagger. Door te baggeren wordt sulfiderijk sediment op het land gebracht, wat vervolgens oxideert en (deels) uitspoelt naar het oppervlaktewater. Dit kan gevolgen hebben voor de zogenaamde interne eutrofiëring van het polderwater. Deze vorm van eutrofiëring wordt ook door inlaat van gebiedsvreemd water veroorzaakt (sulfaat, bicarbonaat). Meestal wordt interne eutrofiëring bestreden door het terugdringen van gebiedsvreemd inlaatwater als een externe bron. In de Vlietpolder is een dergelijke aanpak een start maar niet het einde: aan de andere, interne bronnen van sulfaat zal ook iets moeten gebeuren.
- Bij volledige fosfaatverzadiging van de grond in de Vlietpolder is ongeveer 1/5 ‘reversibel’ gebonden, dat wil zeggen relatief eenvoudig beschikbaar kan komen voor het gewas of voor uitspoeling, en 4/5 irreversibel gebonden, dat wil zeggen relatief sterk gebonden aan de veenbodem. Het reversibel gebonden deel kan dus in oplossing komen en vroeg of laat tot afvoer komen.

GRONDWATER

- Het grondwater in de Vlietpolder bevat weinig tot geen nitraat. Het verandert in de projectperiode niet van samenstelling. De samenstelling van het grondwater in de polder, in het proefperceel en een vijftal andere percelen in de Vlietpolder is globaal

vergelijkbaar. Er zitten verschillen in sulfaat en chloride. Dit duidt met name op enige verschillen in hydrologie en samenstelling van de veen- en kleilagen. De bemonsteringsdiepte van ondiepe grondwater bepaalt sterk het analyseresultaat. Er is een groot verschil in de samenstelling van grondwater in de zogenaamde ontwaterde laag van maximaal 2 m dikte (0-2 m-m.v.) en het grondwater beneden deze laag, dat rijker is aan nutriënten.

OPPERVLAKTEWATER

- De jaarlijkse nutriëntenvrucht naar het boezemwater was 31-36 kg/ha/j N en 2.3-3.1 kg/ha/j P. De vruchten tussen stuw (in de polder) en gemaal (einde van de polder) waren in redelijke overeenstemming. Dit wijst erop dat retentie van N en P in het polderwater tussen perceelssloot en gemaal gering was. Het aandeel van denitrificatie in de poldersloten in het totaal van de verdwijntermen van N in de N-balans van het oppervlaktewater in de polder bedroeg 2 tot 12%.
- Voor oppervlaktewater worden de MTR-waarden voor chloride en sulfaat gehaald. De MTR-normen voor N en P worden met respectievelijk een factor 1,7 en 3,3 overschreden. De ecologisch waterkwaliteit in de polder wordt als veelal voldoende beoordeeld. Ondiepe sloten zijn matig van kwaliteit. De voedselrijkdom van het water beïnvloedt de ecologische kwaliteit negatief. Deze is zichtbaar aan de aard en diversiteit van de aanwezige waterplanten: te weinig soorten komen veelvuldig voor. Door de voedselrijkdom te verminderen kan de ecologische kwaliteit beter worden. De samenstelling van het open water lijkt veel op die van andere veenweidepolders binnen Rijnland. De belasting van de boezem door de polder met N en P is hoog.
- Ruim 85% van N en 80% van P in het open water komt uit de percelen. In de winter is de belasting van de sloten met N en P 3 tot 4 keer zo hoog als in de zomer. Voornaamste bronnen voor N in het slootwater in de zomer zijn in volgorde van belangrijkheid: veenwater, meststoffen landbouw, inlaatwater en afbraak van organische stof. Voor P geldt in de zomer de volgorde: meststoffen landbouw/veenwater en inlaatwater. Voor de winter geldt voor N: veenwater/meststoffen landbouw en afbraak van organisch materiaal. Voor P geldt in de winter: meststoffen landbouw/veenwater en afbraak van organisch materiaal.
- Inlaatwater bevat ook stikstof en fosfaat. Vermindering van de N- en P-aanvoer naar het polderwater kan bewerkstelligd worden door een nauwgezet inlaatbeheer te voeren, waardoor bijvoorbeeld de situatie dat er én gemaalafvoer is én de inlaat open staat, niet voor kan komen.

De landbouw heeft zowel direct als indirect invloed op de belasting van het oppervlaktewater met N en P. De directe manier van invloed loopt via de bemesting van het grasland door de melkveehouders en de af- en uitspoeling van meststoffen naar de sloten. De indirecte manier betreft de ontwatering van de percelen door de keuze van de slootpeilen. De waterbeheerder stelt waterpeilen in een polder vast en komt hiermee tegemoet aan de eisen die de functie op het land eraan stelt, in dit geval melkveehouderij op veengrasland. De consequentie ervan is dat N en P vrijkomen uit organisch materiaal, deels uitspoelen naar de sloot, en daarnaast veenwater in het open water terechtkomt. Op deze wijze heeft het grondgebruik ook invloed op de belasting van het open water. Dit waterbeheer is een sturende factor in het inlaatwater, de afbraak van organische stof in de bodem en de bijdrage van veenwater aan de belasting van de sloot. Er is dus geen sprake van een achtergrondbelasting van een natuurlijke oorsprong, maar van een nutriëntenprobleem dat veroorzaakt is door *menselijk handelen*, met name door ontginning, ontwatering en bemesting.

Het waterbeheer kan zeker verder geoptimaliseerd worden, maar de grenzen aan de verbetering van de waterkwaliteit hierdoor lijken in zicht. Het onderhoud van watergangen, bodems en oevers, verdient meer aandacht dan nu het geval is. Dit leidt in de zomer tot ecologisch gezondere sloten in de polder, niet persé tot een geringere belasting van de boezem met N en P.

VERVOLG PROJECT

- Verbetering van de waterkwaliteit vraagt om maatregelen. Deze liggen én op het gebied van bemesting door de landbouw, én van peilbeheer én van de onderhoudstoestand van de watergangen. De waterkwaliteit verbetert pas drastisch als er ingrijpende maatregelen worden genomen.
- Het heeft zin een Veenweideproject fase II voor te bereiden, gericht op de uitvoering van maatregelen op het gebied van bemesting, waterbeheer en onderhoud van de watergangen. Deze maatregelen zullen een ambitieus karakter moeten hebben willen ze leiden tot een duidelijk meetbaar betere waterkwaliteit:
 1. in de polder zelf door een betere ecologische waterkwaliteit (aanvoersituatie; zomer) en
 2. door een meetbare afname van de belasting van de boezem (afvoersituatie; winter).

TEN GELEIDE

Halverwege de jaren negentig werden door de waterschappen en de ministeries van LNV, VROM en V&W geconstateerd dat er voor de melkveehouderij weinig meetgegevens voorhanden zijn over de relatie tussen bedrijfsvoering, bemesting en nutriëntenoverschotten aan de ene kant en de belasting van het oppervlaktewater met N en P aan de andere kant. Als reactie op deze constatering werden door de STOWA drie projecten gestart onder de verzamelnaam DOVE (Diffusie belasting van Oppervlaktewater door de VEehouderij). De DOVE projecten richten zich op onderzoek aan graslandpercelen en vonden en vinden plaats op drie grondsoorten, te weten zand, veen en klei.

Het hoogheemraadschap van Rijnland heeft de veenlocatie en DOVE-veen ingebouwd in het Veenweideproject (fase I), dat wordt getrokken door Rijnland. Naast de DOVE-veen locatie op het zogenaamde proefperceel, dat bestaat uit het vanggebied van een kavelsloot, is een polder als geheel bemeten en onderzocht, te weten de Vlietpolder nabij Hoogmade (Zuid-Holland), en is er een vijftal percelen beoordeeld op representativiteit. De onderhavige eindrapportage betreft fase I van het Veenweideproject, waar het DOVE-veen project onderdeel van is. Het is in 1999 gestart. Alle DOVE-projecten leveren cijfermateriaal op ter kwantificering van de bijdrage van de melkveehouderij aan de belasting van het oppervlaktewater met stikstof (N) en fosfor (P), verkregen door veldmetingen. Het Veenweideproject van Rijnland kent nog een tweede fase (start in 2004) waarin gebiedsgerichte maatregelen, gebaseerd op resultaten uit de eerste fase-, geïmplementeerd en getoetst worden. Het opstellen van gerichte maatregelen vergt inzicht in de water- en nutriëntenhuishouding van de polder.

Bij het Veenweideproject zijn met name de volgende instituten betrokken: het hoogheemraadschap van Rijnland, Alterra, Waterschap De Oude Rijnstromen, RIVM, Praktijkcentrum Zegveld, DLV Adviesgroep BV en Wageningen Universiteit. Het Veenweideproject fase I werd financieel mogelijk gemaakt door bijdragen van de ministeries van LNV (programma 398-II) en VROM, STOWA, provincie Zuid-Holland, GeBeVe-subsidie, RWS RIZA, WLTO en het hoogheemraadschap van Rijnland. Het project dankt haar start, uitvoering en slagen aan vele mensen van diverse organisaties. In de bijlage staan ze allemaal vermeld. Met name de betrokken melkveehouders verdienen een woord van dank!

drs. J.M.J. Leenen, directeur STOWA

Ir. E.H. Ir. E.H. baron van Tuyll van Serooskerken, dijkgraaf van Hoogheemraadschap van Rijnland

Utrecht - Leiden, juni 2004

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van beoefteinventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

WATER- EN NUTRIËNTEN- HUISHOUDING VAN EEN VEENWEIDEGEBIED

INHOUD

SAMENVATTING RESULTATEN
TEN GELEIDE
STOWA IN HET KORT

1	NUTRIËNTENPROBLEMATIEK VEENWEIDEGEBIEDEN	1
2	WERKWIJZE FASE I	4
2.1	Projectorganisatie en meet- en registratieperiode	4
2.2	De Vlietpolder	5
2.3	Overzicht van metingen	5

3	Korte samenvatting resultaten	8
3.1	Geologie en bodem	8
3.2	Hydrologie en peilbeheer	11
3.3	Samenstelling ondiep en diep grondwater	15
3.4	Samenstelling bodemoplossing	17
3.5	Samenstelling oppervlaktewater en waterbodem	19
3.6	Mineralisatie en denitrificatie	21
3.7	Baggeren	24
3.8	Fosfaattoestand van de bodem	25
3.9	Veehouders en bemesting	26
3.10	Langjarige trends	29
4	Synthese	30
4.1	Nutriëntenkringlopen in de polder	30
4.2	Afvoerroutes van nutriënten van de bodem naar open water	33
4.3	Nutriëntenbelasting oppervlaktewater en bronnenanalyse	33
4.4	Representativiteit van de Vlietpolder voor andere veenpolders in Nederland	39
5	Conclusies en aanbevelingen	40
6	Start en opzet van fase II	44
7	Referenties	49
8	Bijlagen	52
8.1	Publicaties Veenweideproject fase I	52
8.2	Veenweideproject fase I en de mensen erachter	54

1

NUTRIËNTENPROBLEMATIEK

VEENWEIDEGEBIEDEN

Het veenweidegebied in het Westen van Nederland wordt gekenmerkt door een intensief landgebruik, waarbij vaak verschillende belangen in het geding zijn. Naast discussies over de inrichting van het Westelijk veenweidegebied (Colijn et al., 1993; Terwan, 1988) en de landbouw-, natuur- en landschapsfunctie speelt de nutriëntenproblematiek een grote rol. In veel veenweidepolders worden de MTR-normen (Maximaal Toelaatbaar Risico, 4^e Nota Waterhuishouding) voor stikstof (N) en fosfaat (P) overschreden. Dit leidt tot eutrofiëring van het oppervlaktewater in de veenpolders (Klapwijk, 1988) en in het ontvangende boezemwater (Hendriks, 1993).

Nutriënten in het oppervlaktewater van veenweidepolders kunnen afkomstig zijn van:

- inlaatwater,
- atmosferische depositie,
- mest en -stoffen uit de landbouw,
- afbraak van organische stof - mineralisatie van veen,
- kwel,
- grondwater,
- interne eutrofiëring, en
- afvalwater.

In de Vlietpolder is kwel afwezig en zijn er geen ongezuiverde lozingen. Dit maakt deze polder bij uitstek geschikt voor dit project, dat erbij gebaat is zoveel mogelijk bronnen die niet met bemesting en peilbeheer te maken hebben uit te kunnen schakelen in de analyse.

De relatieve bijdrage van elk van deze bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater is bepalend voor de effectiviteit van een maatregel om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater terug te dringen. Immers, hoe groter de relatieve bijdrage op het proces waarop de maatregel inwerkt, hoe groter de effectiviteit van deze maatregel. De absolute en relatieve verdeling over deze bronnen is echter veelal onbekend, hetgeen resulteert in zeer wisselende successen van maatregelen om de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van veenweidepolders te verlagen (Barendregt, 1993) en een gezonde sloot te bewerkstelligen.

In veenweidepolders kunnen twee typische en kenmerkende hydrologische situaties worden onderscheiden:

- 1 Een aanvoersituatie, waarin er boezemwater wordt ingelaten,
- 2 Een afvoersituatie, waarin polderwater wordt uitgeslagen naar het boezemwater.

De aan- en afvoersituatie valt veelal samen met de zomer respectievelijk winter. Omdat het aanvoeren van water, hetzij afvoeren van water bepalend is voor het onderscheid en er ook s' zomers wel eens zware buien worden uitgemalen wordt in deze rapportage de voorkeur gegeven aan de termen aanvoersituatie en afvoersituatie i.p.v. zomer en winter. *De hydrologische omstandigheden bepalen de situatie, niet perse de periode in het kalenderjaar.* De nutriëntenproblematiek is namelijk verschillend voor beide situaties. In een aanvoersituatie is de waterkwaliteit van het *polderwater* in het geding, terwijl in een afvoersituatie het *boezemwater* belast wordt.

Deze rapportage vormt een compilatie van resultaten verkregen uit fase I van het Veenweideproject. Het project DOVE-veen maakt onderdeel uit van het Veenweideproject. In deze rapportage wordt steeds de term Veenweideproject gebruikt. In dit project is gedurende 4 jaar (1999-2003) intensief gemeten aan nutriëntenstromen in een veenweidepolder in West-Nederland (Mlietpolder). De *probleemstelling* luidt als volgt:

‘In het veenweidegebied is naast het stedelijk landgebruik en boomteelt de melkveehouderij de belangrijkste vorm van grondgebruik. De bij de toegekende functies van het watersysteem behorende waterkwaliteitsnormen worden niet gehaald, met name de MTR-normen (Maximaal Toelaatbaar Risico) voor stikstof en fosfor worden overschreden. Er doen zich eutrofiëringsverschijnselen voor, zowel in de veenweidepolders zelf als ook in het ontvangende oppervlaktewater in de polder en de boezem. De belasting van het oppervlaktewater met nutriënten in veenweidepolders geschiedt vanuit verschillende bronnen. De relatieve bijdrage van die verschillende bronnen is veelal onvoldoende nauwkeurig bekend.’

De doelstellingen van dit project zijn:

- ‘vergroting van kwantitatief inzicht in de eutrofiëringsproblematiek in het veenweidegebied, c.q. de N- en P-belasting van sloten in het veenweidegebied, en invloed daarvan op de belasting van het boezemsysteem met deze meststoffen, en
- definitie en implementatie van regionaal beleid ter reductie van de emissie van N en P naar het oppervlaktewater.’

Het Veenweideproject beoogt uiteindelijk een meetbare verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit tot stand te brengen: in de polder gedurende de aanvoersituatie en via een vermindering van de belasting van het boezemwater gedurende perioden van waterafvoer uit de polder. Daartoe is eerst een onderzoek naar de huidige nutriëntenhuishouding van een veenweidepolder uitgevoerd (fase I) waarvan deze rapportage de afsluiting is. Fase I van het Veenweideproject kent verder tegen het einde ervan een ‘go-no go’ beslissing: gaan we door of niet met fase II? Op dit moment (juni 2004) is fase II nog niet opgezet en gestart.

De relevante vragen voor fase II zijn:

- Welke gebiedsgerichte maatregelen zijn kansrijk en effectief om de waterkwaliteit in veenweidepolders te verbeteren en om de belasting van de boezem te verminderen, als aanvulling op generieke maatregelen?
- Hoe groot is de haalbare verbetering van de waterkwaliteit?
- Welke aanpassing is nodig in het beleid van de waterbeheerder om de waterkwaliteit in veenweidepolders te verbeteren zodanig dat de belasting van de boezem met nutriënten uit deze polders duidelijk vermindert, en wat zijn de consequenties hiervan?

Aangezien de nutriëntenhuishouding van een veenweidegebied niet adequaat beschreven kan worden zonder informatie over hydrologische, geologische, agrarische, biologische, chemische en meteorologische omstandigheden, is naast de algemene onderzoeksvraag een aantal deelonderzoeksvragen gedefinieerd.

De algemene onderzoeksvraag luidt als volgt:

Welke processen zijn verantwoordelijk voor de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van een veenweidepolder en hoe worden deze processen gestuurd?

Deelonderzoeksvragen zijn:

- Hoe is de geologie van de bodem?
- Hoe is de hydrologie van de polder?
- Hoe groot is de N en P aanvoer uit landbouw?
- Hoe is de verdeling hiervan over ruimte en in tijd?
- Hoeveel N en P wordt er vrijgemaakt door de afbraak van veen?
- Hoe is de samenstelling van het bodemwater en hoe is deze ontstaan?
- Hoe groot zijn de denitrificatie en de mineralisatie en waardoor worden deze processen gestuurd?
- Hoe komt de samenstelling van het open water tot stand?

Het Veenweideproject heeft geleid tot veel deelrapporten. In deze eindrapportage worden inzichten, verkregen uit de verschillende deelonderzoeken, aan elkaar gerelateerd om tot een algemene synthese te komen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in de Vlietpolder en van de boezem. In de onderhavige rapportage worden geen werkwijzen van individuele metingen beschreven, daarvoor wordt verwezen naar de deelrapporten (Bijlage 1). In hoofdstuk 2 wordt een overzicht van alle metingen en bepalingen gegeven, waarna de resultaten sec besproken worden in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de losse metingen integraal, d.w.z. gebruik makend van de andere resultaten, geanalyseerd. In hoofdstuk 5 volgen de conclusies uit de deelonderzoeken, maar ook uit de synthese in deze rapportage. In hoofdstuk 6 wordt aangegeven hoe conclusies uit het eerste deel van het project gebruikt kunnen worden voor het opstellen van maatregelen om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in de Vlietpolder terug te dringen.

2

WERKWIJZE FASE I

DE VLIETPOLDER BIJ HOOGMADE.



2.1 PROJECTORGANISATIE EN MEET- EN REGISTRATIEPERIODE

Het Veenweideproject is gestart in 1999 en was een samenwerkingsverband tussen verschillende instellingen, zoals het Hoogheemraadschap van Rijnland, de groep melkveehouders in de Vlietpolder e.o., waterschap De Oude Rijnstromen, Alterra, RIVM, Praktijkcentrum Zegveld, TNO. De bijdragen van verschillende partijen is samengevat in Tabel 1.

TABEL 1 GLOBALE BIJDRAGEN VAN VERSCHILLENDE PARTIJEN IN HET VEENWEIDEPROJECT

Organisatie	Rol/bijdrage
Hoogheemraadschap van Rijnland	Projectinitiatief en -management, projectcoördinatie, instrumentatie meetnet, analyse hydrologie, alsmede belasting en samenstelling van het open water
Melkveehouders	Aanlevering van gegevens, toegang tot gebied
Waterschap Oude Rijnstromen	Registratie van inlaathoeveelheden, gemaalafvoer en polderpeilen
WLTO	Bijdrage aan organisatie studieclub
DLV Adviesgroep	Begeleiding studieclub en veehouders, intermediair tussen waterbeheerder en veehouder
Alterra	Bodem- en Gt-kartering, analyse van nutriëntenbalansen, denitrificatie, mineralisatie en nutriënt-bodem-interacties
RIVM	Metingen samenstelling ondiep grondwater, analyse van de geologie van de bodem en van het grondwater (ook NITG TNO), alsmede hydrologie en stofhuishouding polder
Praktijkcentrum Zegveld	Perceelwerkzaamheden voor mineralisatieschattingen

2.2 DE VLIETPOLDER

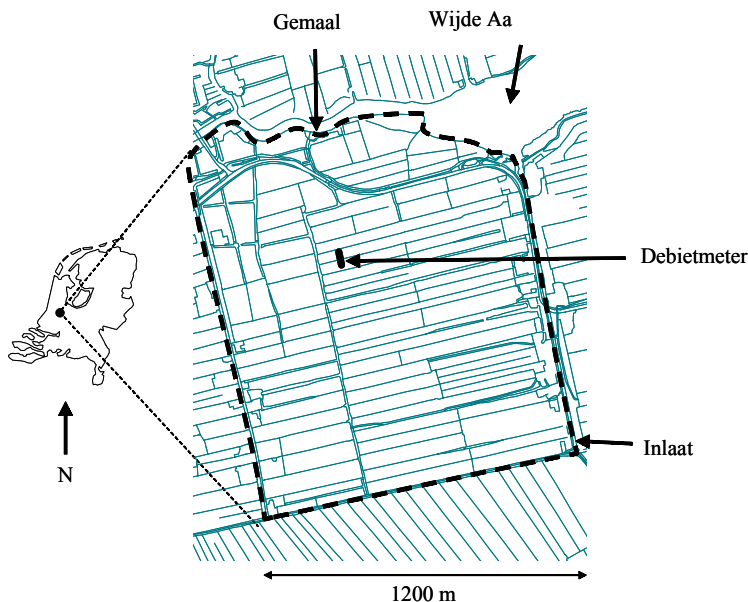
Het Veenweideproject fase I is uitgevoerd in de Vlietpolder, ruim 200 ha groot, gelegen nabij Hoogmade (Zuid-Holland). Deze veenweidepolder kent naast 10% open water als dominant (>80% areaal) landgebruik grasland. Op enige percelen vindt sierteelt plaats en er ligt een aantal sportvelden in de polder. Bebouwing is er ook, aan de West- en Oostrand staan boerderijen en een enkel woonhuis. De bodems bestaan voor het grootste deel uit koopveen-gronden (kleilig veen), ook is er een duidelijk areaal liedeergronden (venige klei) en hier een daar een strook rivierklei. De waterhuishouding is eenvoudig van opzet en goed te bemeten. Er is sprake van enige wegzijging van water vanuit de deklaag naar het eerste watervoerend pakket. In de polder is een tweetal onderbemalingen aanwezig. Eén ervan heeft een duidelijk lager maaiveld en dito open water peil en is vergraven, de ander verschilt qua waterpeil ongeveer 0,1 m met de rest van de polder. In de Vlietpolder vinden geen ongezuiverde lozingen plaats. Er is ook geen sprake van erflozingen. De eigenschappen van de polder maken deze zeer geschikt om te meten en analyseren aan water en nutriënten, afkomstig uit de lucht, van meststoffen uit de landbouw en uit de veenbodem zelf.

2.3 OVERZICHT VAN METINGEN

Nagenoeg alle metingen in het Veenweideproject zijn ondergebracht in een database. In het rapport behorende bij de database worden de werkwijzen van de metingen en bepalingen beschreven (Van Schaik et al., 2003). In het Veenweideproject werden op drie schaalniveaus metingen verricht: polder-, bedrijfs- en perceelsniveau. Op polderniveau (Figuur 1) werden metingen verricht aan het inlaatwater en het uitgeslagen water. Tevens werden metingen verricht aan het water van de proefsloot. Hiertoe stond een debietmeter opgesteld aan het einde van de proefsloot in het proefperceel. Dit perceel is het vanggebied van de proefsloot. De meetinrichting van het proefperceel inclusief de proefsloot is weergegeven in Figuur 2.

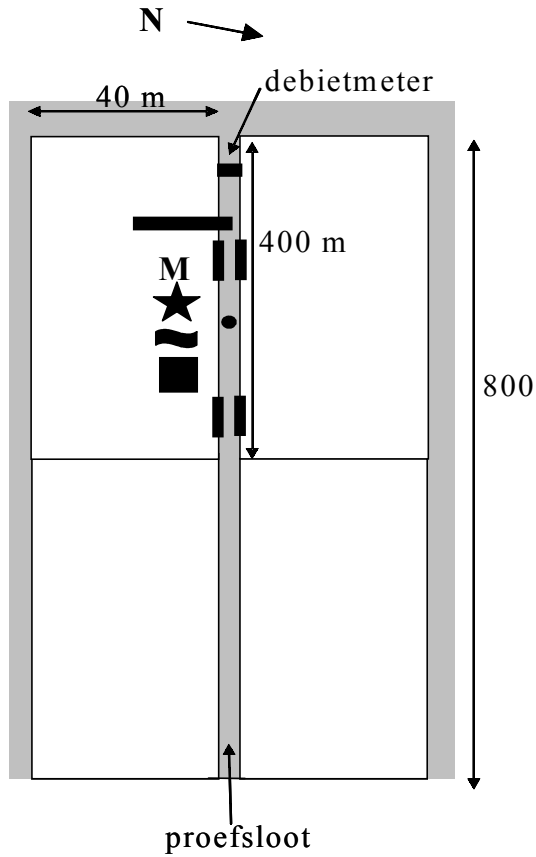
FIGUUR 1

METINGEN OP POLDERNIVEAU. DE BEGRENZING VAN DE VLIETPOLDER IS AANGEGEVEN MET DE GESTREEPTE LIJN.



FIGUUR 2

HET PROEFPERCEEL IN DE VLIETPOLDER. HET PROEFPERCEEL IS AAN DRIE KANTEN OMSLOTEN DOOR SLOTEN. SYMBOLEN GEVEN DE VOLGENDE MEETAPPARATUUR AAN: STER = CONTINUE GRONDWATERSTANDSBUIS, M = METEOSTATION, VERTICALE BALK = VANGPLATEN OPPERVLAKKIGE AFSPOELING, HORIZONTALE BALK = LOCATIE CERAMISCHE CUPS, WIMPEL = TDR-APPARATUUR (BODEMVOCHT, DRUKHOOGTE), VIERKANT = NULVELDJE (MINERALISATIE METINGEN), STIP IN PROEFSLOOT = LOCATIE DENITRIFICATIEMETINGEN. DE DEBIETMETER (HORIZONTALE BALK IN PROEFSLOOT) ONTVANGT WATER VAN VIER HALVE PERCELEN. NB: NIET OP SCHAAL.



Op bedrijfsniveau zijn registraties in nutriënten aan- en afvoer verricht en zijn de samenstelling van vers gras en mest bepaald. In verband met de privacy van de melkveehouders wordt de locatie van de individuele bedrijven niet bekend gemaakt en zijn de 7 deelnemende bedrijven aangegeven met de letters A t/m G.

Binnen het Veenweideproject zijn onder andere de volgende metingen en bepalingen verricht (Van Schaik et al., 2003):

TABEL 2 METINGEN VEENWEIDEPROJECT FASE I: GLOBAAL OVERZICHT. VOOR EEN UITGEBREIDE EN VOLLEDIGE BESCHRIJVING, ZIE VAN SCHAİK ET AL. (2003)

Meetprogramma	Meetonderdeel	Metingen/bepalingen	Locatie	Frequentie
Oppervlaktewater	Oppervlaktewater kwantiteit	Debiet	Inlaat, stuw, gemaal	Continu
	Oppervlaktewater kwaliteit	Cl, NO ₂ +NO ₃ , ortho-P, totaal-P, totaal-N, SO ₄ , Fe-totaal, Ca, pH, N-Kjehldal	Inlaat, stuw, gemaal	Debietproportioneel
	Denitrificatie sloot		Proefslot	Maandelijks
	Biologische waterkwaliteit		Proefslot	Enmalig
	Oppervlakkige afspoeling	Cl, NO ₂ +NO ₃ , ortho-P, totaal-P, totaal-N, SO ₄ , pH, N-Kjehldal	Proefslot	Iedere 2 weken
Meteorologie	Meteostation	Temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windsnelheid en richting, globale straling, uitgaande straling, dauwpunt, bodemtemperatuur		
	Regenmeters	Neerslag (tipping bucket en handregenmeter)		
Landbouw	Bedrijfsgegevens	Bedrijfsomvang, veestapel, voerverbruik, melkproductie		Jaarlijks
	Nutriëntenmanagement	MINAS balans, verfijnde balans	7 bedrijven	Jaarlijks
	Mestanalyses	Droge stof, N-totaal, N-mineraal, ortho-P, K, Mg, Na, OS, Ruwe as, DS	7 bedrijven	Maandelijks tijdens groeiseizoen
	Versgras analyses	DS, VEM, DVE, OEC, FOS, ruw eiwit, ruwe celstof, ruwe as, VC-OS, suiker, Na, K, Mg, Ca, P-totaal, Mn, Zn, Fe, S, Cl, N-totaal	7 bedrijven	
Bodemchemie	Samenstelling bodemvocht	Cl, NO ₂ +NO ₃ , ortho-P, totaal-N, N-Kjehldal, SO ₄ , pH	Proefperceel	Iedere 2 weken
	Denitrificatie bodem		Proefperceel	Maandelijks
	Mineralisatie bodem		4 plots in polder	Maandelijks
	P-sorptie en P-desorptie		Proefperceel	Enmalig
	Mineraal S		Proefperceel	Enmalig
Bodemfysica	Geo-electrische metingen			
	pF-curven		Proefperceel	Enmalig
	Zwel-krimp karakteristieken		Proefperceel	Enmalig
	Peilbuizen			
Grondwater	TDR	Temperatuur, vochtgehalte, drukhoogte, EC	Proefperceel	Iedere 4 uur
	Grondwaterkwaliteit	Macro-ionen	polder	Tweemaal per jaar
Grondgebruik	Grondwaterstand	Stijghoogte	polder	Continu
	Graslandkalender	Nutriëntenaanvoer via: bagger, drijfmest, weide mest, kunstmest. Nutriëntenafvoer via: maaien, grazen		Dagelijks
Stabiele natuurlijke isotopen	² H (deuterium), ³ H (tritium), ¹⁸ O (stabiele zuurstof-isotoop)	Stabiele natuurlijke isotopen in grond- en oppervlaktewater	Proefperceel, polder	Continu tot incidenteel

Veel onderzoek heeft zich afgespeeld in en om de proefperceel en proefslot. Vanwege de intensiteit van de onderzoeken en de kosten ervan zijn deze acties met name daar uitgevoerd. Aspecten van bodemdaling zijn niet meegenomen in het project. Kwel onder en door de boezemkades heen is verwaarloosd.

3

KORTE SAMENVATTING RESULTATEN



DE PROEFSLOOT IN DE VLIETPOLDER IN DE ZOMER VAN 2002.

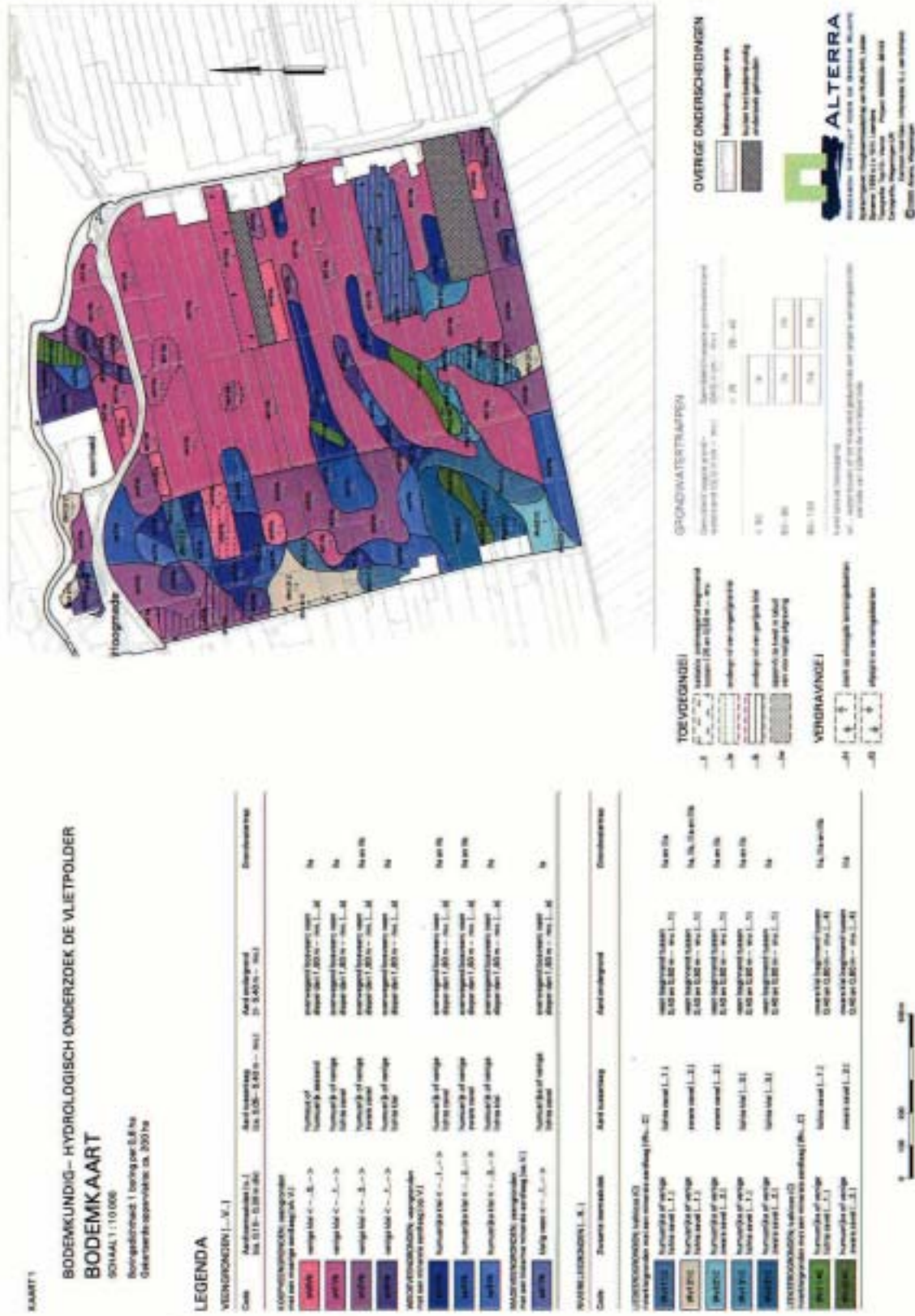
3.1 GEOLOGIE EN BODEM

De geologie en beschrijving van de bodem in de Vlietpolder is gerapporteerd door Leenders (1999) en Meinardi (2004).

Het landschap en de bodem van de Vlietpolder zijn ontstaan als gevolg van geologische processen in het Holoceen en van ingrepen door de mens sinds de eerste ontginning van het land. Gedurende deze tijd zijn in de Vlietpolder klei- en veenlagen afgezet van een wisselende samenstelling en met een totale dikte van ongeveer 10 meter. De veenlagen in de Vlietpolder zijn niet voor de winning van turf gebruikt, maar die in de naastgelegen polder Oudendijk wel. Uitzondering daarop vormt een laag gelegen deel in het zuidoosten van de Vlietpolder, dat uitgeveend is en momenteel voorzien is van een onderbemaling. Zee-invloeden hebben gezorgd voor een enkele decimeters dikke laag moerige zavel, die aanvankelijk werd overdekt door een veenlaag van 2-2,5 m dikte. Deze bovenste veenlaag is echter grotendeels verdwenen door afbraak van veen als gevolg van ontwatering voor ontginning. Thans ligt de, eertijds onderliggende, moerige zavelaag aan het oppervlak van de Vlietpolder. De moerige zavelaag werd aangevuld met stadsvuil om de draagkracht en de nutriëntenstatus te verbeteren en kan nog steeds duidelijk waargenomen worden in de Vlietpolder.

Omstreeks het jaar 1000 lag de Vlietpolder op circa 0-0,5 m+NAP. Door zetting, inklinking en oxidatie van het veen ligt de Vlietpolder thans op 2m-NAP. Momenteel is de zakking van het maaiveld van de Vlietpolder gemiddeld ongeveer 4-6 mm/j (Waterschap De Oude Rijnstromen, 2001). Het grootste deel van de bodem in de Vlietpolder bestaat uit koopveen- gronden. In het westen komen ook liedeergronden voor (Figuur 3).

FIGUUR 3 BODEMKAART VLIETPOLDER (LEENDERS, 1999)



De moerige zavelaag werd teruggevonden in enkele bodemkarakteristieken van de bovengrond in de Vlietpolder (Tabel 3). Zeker de zandfractie is –voor een veengrond- relatief hoog.

TABEL 3 ENKELE KARAKTERISTIEKEN VAN DE TOPLAAG VAN DE BODEM IN DE VLIETPOLDER.

diepte	ϕ_s	C-tot	N-tot	P-tot	P-Al	FVG ¹	pH	klei	silt	zand	OS ²	Dp ³	Hot-KCl ⁴
CM -MV	KG/M ³	G/G	G/KG	G /KG	MG P ₂ O ₅ /100G	-	-	G/G	G/G	G/G	G/G	KG N/HA/D	MG N/KG
2.5	716	0.11	10.18	1.45	30.67	0.21	5.36	0.57	0.08	0.15	0.27	17.06	169
7.5	886	0.09	8.35	1.22	20.92		5.36	0.57	0.08	0.15	0.27	7.30	112
15	843	0.09	8.76	1.14	18.25	0.17	4.95	0.62	0.09	0.12	0.22	3.06	97
25	661	0.13	10.26	1.04	14.67	0.10	4.86	0.62	0.12	0.13	0.25	1.19	105
35	473	0.20	15.49	0.85	8.58	0.10	4.60	0.62	0.12	0.13	0.25	3.38	133
45	313	0.29	20.51	0.67	5.67	0.10		0.45	0.08	0.17	0.27	3.39	152
55	228	0.32	22.36	0.52	6.00	0.07		0.45	0.08	0.17	0.27	2.94	120
								0.59	0.08	0.16	0.27		

$$^1 \text{ Fosfaatverzadigingsgraad} = \frac{P_{ox}}{0.5 \cdot (Al + Fe)_{ox}} \text{ (in mmol/kg).}$$

² Organisch Stof gehalte. Het organisch stofgehalte is onafhankelijk van textuurverdeling bepaald, waardoor de som van de klei-, silt-, zand- en organische stoffracties ongelijk aan 1 kunnen zijn.

³ Potentiële denitrificatie; een maat voor de afbreekbaarheid van de organische stof in de bodem.

Hot-KCl is een maat voor de mineralisatiecapaciteit van de bodem (Velthof en Oenema, 2000).

3.2 HYDROLOGIE EN PEILBEHEER

Hydrologie en peilbeheer bepalen in belangrijke mate wanneer en hoeveel nutriënten tot afspoeling komen en via welke afvoerrote. De hydrologische situatie in de Vlietpolder kan teruggevonden worden in van Beek et al. (2003b), Meinardi (2004) en Michielsen en Van Schaik (2004).

De langjarig gemiddelde jaarsom neerslag in de streek bedraagt ongeveer 840 mm/j. De gemiddelde actuele verdamping wordt geschat op 570 mm/j. De grondwatertrap is gekarteerd op veelal Gt Ila (GLG 0,5-0,8 m-m.v., GHG <0,25 m-m.v.). Volgens de HELP-tabellen (Werkgroep HELP tabel, 1987) bedraagt het langjarig gemiddeld vochttekort voor deze situatie <25 mm/j. De neerslagafvoer bedraagt langjarig gemiddeld bijna 300 mm/j. Voor het project zijn voor de specifieke periode waterbalansen opgesteld.

Het neerslagoverschot moet samen met de hoeveelheid ingelaten water worden uitgemalen, na aftrek van de wegzijging naar het eerste watervoerend pakket op ongeveer 12-15 m-m.v. Deze wegzijging bedraagt ongeveer 25 mm/j gemiddeld voor de polder en is berekend op basis van ³H-analyses in het grondwater en de zoutconcentraties in het grondwater van de deklaag. De lichte wegzijging werd bevestigd door stijghoogteverschillen tussen het ondiepe grondwater en het grondwater in het eerste watervoerend pakket. De stijghoogten van het grondwater in de deklaag waren groter dan van het grondwater in het eerste watervoerend pakket. Met behulp van metingen van de hoeveelheid neerslag, slootpeilen, uitgemalen water en inlaatwater en schattingen van de evapotranspiratie op basis van veldmetingen (o.a. Van den Eertwegh et al., 2003) konden waterbalansen van de Vlietpolder op dagbasis opgesteld worden. De dagcijfers zijn verwerkt tot balansen op jaarbasis (Tabel 4).

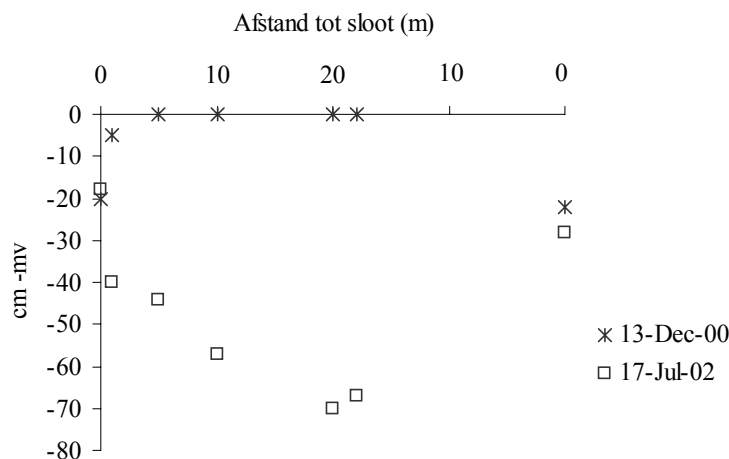
TABEL 4 GEMIDDELTE WATERBALANS VOOR DE VLIETPOLDER ALS GEHEEL VOOR DE KALENDERJAREN 2000 EN 2001 IN MM/J. DATA AFKOMSTIG VAN VAN DEN EERTWEGH ET AL. (2003) EN MEINARDI (2004).

Neerslag	+ 1114
Inlaatwater	+ 98
Evapotranspiratie	- 579
Uitgemalen water	- 572
Wegzijing	- 25
Restterm: verandering in bodemvoorraad / onnauwkeurigheid	+ 36
	(3% van totaal in)

Het peilbesluit (Waterschap De Oude Rijnstromen, 2001) geeft een na te streven oppervlaktewaterstand in de Vlietpolder van 0,58 m-m.v. in de winter en 0,48 m-m.v. in de zomer. Gedurende de aanvoersituatie (zomer) is de grondwaterstand vaak lager dan de oppervlaktewaterstand, terwijl dit omgekeerd is in de afvoersituatie, d.w.z. de grondwaterstand is hoger dan het slootpeil. Hierdoor ontstaat een holle (aanvoersituaties) en een bolle (afvoersituaties) ligging van de grondwaterstand met afstand van de sloot (Figuur 4).

Het ingelaten water dringt ongeveer 3 á 4 m het perceel in vanaf de slootkant. De grondwaterstand zakt 's zomers weg tot 0,7 á 0,8 m-m.v. De grondwaterspiegel laat met name dicht bij de sloot een sterke opbolling (winter) en uitholling (zomer) zien (Figuur 4). De onderbemaling in het Noordwesten van de Vlietpolder heeft enige buisdrainage, waarschijnlijk vanwege de zwaarte van de grond (kleiig veen). De percelen liggen veelal vlak tot licht bol voor ontwateringsdoeleinden, sommige zijn hol. Deze laatste zijn veelal begreepeld.

FIGUUR 4 HET VERLOOP VAN DE GRONDWATERSPIEGEL MET AFSTAND TOT DE SLOOT VOOR EEN AFVOERSITUATIE (13 DECEMBER 2000) EN GEDURENDE EENAANVOERSITUATIE (17 JULI 2002)



Een analyse van de water- en Cl-balans van het oppervlaktewater in de polder door Michielssen en van Schaik (2004) leverde een inschatting van de transportroutes van het neerslagoverschot vanaf en vanuit het perceel naar de sloot (Tabel 5).

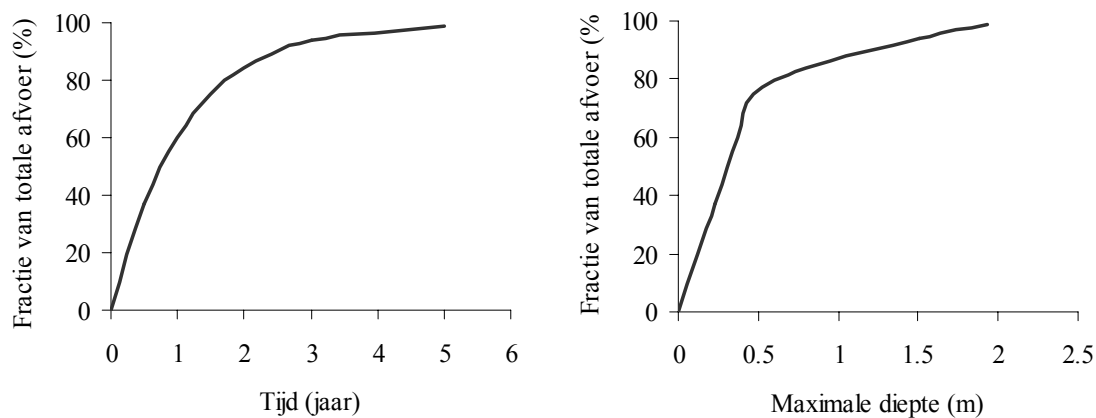
TABEL 5 INSCHATTING VAN DE AFVOERROUTES VAN HET NEERSLAGOVERSCHOT (%), OP BASIS VAN DE WATER- EN CL-BALANS VAN HET OPPERVLAKTEWATER IN DE VLIETPOLDER (MICHIELSEN EN VAN SCHAIK, 2004).

Diepte van de stroming (m –mv)	Deel van totale afvoer (%)
Over het maaiveld	10-15
0 - 0,25	40
0,25 – 2,0	35-50
>2,0 (wegzijing)	<10

De verblijftijden van water in de sloten van de Vlietpolder varieert tussen <2 dagen in een typische afvoersituatie in de winter, tot meer dan 10 weken in een situatie van wateraanvoer tijdens de zomer.

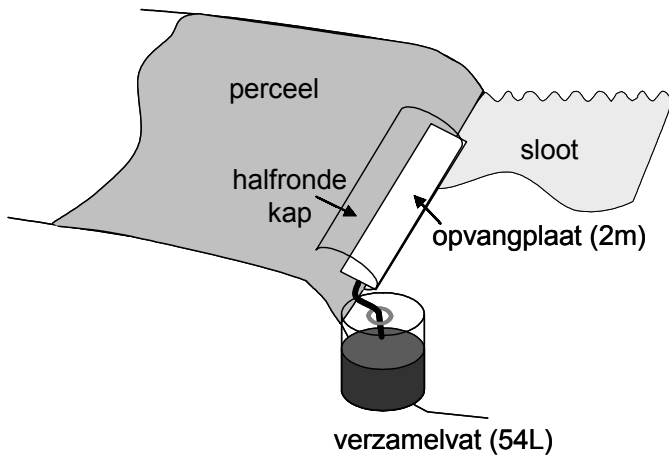
De hele Vlietpolder is een infiltratiegebied (o.a. ICW, 1976), maar door de grote weerstand van het Holocene pakket, de klei-veenlaag die als deklaag fungeert, is de omvang van de wegzijing beperkt tot <25 mm/j (Meinardi, 2004). De jaargemiddelde verblijftijdverdeling van water in de bodem van de Vlietpolder tot aan uittreiding in de sloot is bepaald middels de Ernst-Bruggeman methode (Meinardi, 1994; van den Eertwegh, 2002) en is weergegeven in Figuur 5.

FIGUUR 5 VERBLIJFTIJDVERDELING VAN HET NEERSLAGOVERSCHOT (LINKS) EN DE MAXIMALE DIEPTE DIE EEN STROOMBAAN BEREIKT (RECHTS) IN DE VLIETPOLDER (MEINARDI, 2004)



FIGUUR 6

SCHEMATISCHE PRESENTATIE VAN DE AFSPOELINGSMETINGEN (LINKS) EN DE OPSTELLING VAN DE METING VAN DE OPPERVLAKKIGE AFVOER IN HET VELD (RECHTS).



Uit Figuur 5 blijkt dat bijna 90% tot afvoer komt door de bovenste 1 m van de bodem. Het ondiepe karakter van de hydrologie in de Vlietpolder kwam ook tot uiting in de oppervlakkige afvoer metingen (Figuur 6). Door oppervlakkige afspoeling kwam 8% van het neerslagoverschot tot afspoeling; hiermee kwam 10% van de totale N-afvoer en 15% van de P-afvoer in de sloten terecht (Van Beek et al., 2003b; Michielsen en Van Schaik, 2004). Er zijn weinig experimentele gegevens over oppervlakkige afspoeling in vlakke gebieden met een ondiepe grondwaterstand. De metingen in de Vlietpolder laten kwalitatief zien dat er oppervlakkige afspoeling optreedt. Echter, door ruimtelijke variaties vanwege preferente stroombanen en een beperkt aantal herhalingen, is opschaling naar een kwantitatieve uitspraak over de oppervlakkige afspoeling lastig en wordt waarschijnlijk onderschat (van Beek et al., 2003b). Met behulp van de resultaten van de berekende water- en zoutbalans over het oppervlaktewater is de inschatting van de bijdrage van oppervlakkige afspoeling bijgesteld tot 10-15%.

Veldmetingen in de zomer van 2003 duiden erop dat de hoeveelheid water die vanuit het open water infiltreert in de bodem afneemt met de tijd binnen het zomerseizoen, globaal van 1-1,5 mm/d naar <0,5 mm/d. Deze afname is waargenomen ten tijde van vergelijkbare waterpeilen in de proefsloten bij een zakkende grondwaterstand (uitholling grondwaterpiegel). Hierdoor werd de gradiënt tussen slootpeil en grondwaterstand op het proefperceel groter. De afnemende infiltratie van water van sloot naar perceel bij toenemende gradiënt moet verder onderzocht worden voor een vervolg van het project. Wellicht is een in de tijd toenemende hydrofobie van de veengrond en meer specifiek van de strook veen nabij de perceelsranden (oever) een factor van betekenis. Ook kunnen poriën dichtslibben naarmate de tijd vordert in met name de oeverzone waar infiltratie plaatsvindt.

3.3 SAMENSTELLING ONDIEP EN DIEP GRONDWATER

De samenstelling van het ondiepe en diepe grondwater in de Vlietpolder is gerapporteerd door Meinardi (2004), Fraters (2004), Van de Grift (2003) en Van Schaik (2004). In de periode december 1999 – maart 2003 zijn in totaal 11 meetronden aan de samenstelling van het grondwater in de Vlietpolder verricht.

Het bovenste grondwater in de Vlietpolder heeft een licht zure of neutrale pH (Van der Grift, 2003). Afhankelijk van het neerslagoverschot en de uitspoeling van stoffen heeft het grondwater een pH net boven of net onder de 6 en een sub-oxische of ijzer-anoxische samenstelling. Het grondwater bevat vrijwel geen nitraat, maar wel sulfaat. Dit betekent dat de redoxpotentiaal van het grondwater ijzerreducerend is. Bij een verdere toename van de ouderdom zal de redoxpotentiaal verder zakken en op den duur neemt de sulfaatconcentratie af door sulfidenvorming en mogelijk ontstaat er methanogeen grondwater. De zuurgraad van het grondwater, licht zuur tot pH-neutraal wijst op de aanwezigheid van een kalkbuffer (HCO_3) door mariene afzettingen en/of door bekalking.

De mediaan totaal-stikstofconcentratie in het freatisch grondwater is 12,0 mg/l en bestaat uit ongeveer 60% uit ammonium en 40% in de vorm van organisch-stikstof. In het diepere grondwater is deze verhouding ongeveer 1:9. De landelijke streefwaarde voor totaal-fosfaat in grondwater is in klei- en veengebieden 3 mg P/l. Deze norm wordt in meer dan 75% van de metingen niet overschreden. Voor sulfaat en chloride is de streefwaarde in zoet grondwater respectievelijk 150 en 100 mg/l. De mediaanconcentraties van deze stoffen zijn 210 en 79 mg/l. De sulfaatconcentratie overschrijdt in meer dan de helft van het aantal monsters de streefwaarde voor zoet grondwater, de chlorideconcentratie in iets minder dan de helft van het aantal monsters.

Voor een aantal parameters is verschil gevonden in concentraties tussen het proefperceel en 4 andere percelen in de polder. De belangrijkste hiervan zijn chloride en sulfaat. De Cl-concentratie is het laagst op de proefpercelen, terwijl de sulfaatconcentratie hier het hoogst is. Voor chloride zijn de mediaanconcentraties voor deze drie groepen 60, 110 en 72 mg/l en voor sulfaat 300, 131 en 195 mg/l. Voor ammonium is er ook een verschil tussen de proefpercelen en 4 andere percelen in de polder waargenomen. Dit verschil is echter kleiner dan bij chloride en sulfaat. De mediaanconcentratie is op de proefpercelen lager dan op de 4 andere percelen in de Vlietpolder (5,1 en 7,3 mg/l). Voor chloride en ammonium zijn de proefpercelen representatief voor de hele polder. Voor sulfaat zijn de proefpercelen niet representatief voor de hele polder. Voor organisch-stikstof, nitraat, ortho-fosfaat en totaal-fosfaat is er geen belangrijk verschil gevonden tussen de proefpercelen en andere percelen in de polder. Voor deze stoffen zijn de proefpercelen representatief voor de polder. De bemonsterde diepte van het bovenste grondwater was van zeer groot belang voor deze analyse (Meinardi, 2004). Onregelmatigheden hierin kunnen de resultaten van de 'representativiteitsvraag' snel en sterk verstoren.

Er zijn verschillen gevonden in grondwatersamenstelling tussen de verschillende bedrijven. Ook hiervoor geldt dat de grootste verschillen gevonden zijn bij chloride en sulfaat. Een bedrijf heeft een afwijkende grondwatersamenstelling met hoge chloride, ammonium en sulfaatconcentraties en lage concentraties ortho-fosfaat en totaal-fosfaat. Een ander bedrijf heeft ook hoge sulfaatconcentraties maar op dit bedrijf zijn de chlorideconcentraties laag, wellicht vanwege baggeractiviteiten. Voor organisch-stikstof, totaal-stikstof en totaal fosfaat zijn geen grote verschillen in concentraties tussen de bedrijven gevonden. De verschillen in

chloride- en sulfaatconcentratie kunnen niet verklaard worden door verschillen in het bodemtype. Voor deze stoffen blijkt geen onderscheid te bestaan tussen de rivierkleigronden en veengronden. Ook voor de overige parameters is er geen duidelijk verschil aangetroffen tussen de verschillende bodemtypes.

Stofconcentraties kunnen sterk veranderen tussen verschillende meetrondes, maar er was geen eenduidige trend en het ruimtelijk beeld bleef wel stabiel in de tijd. De meetronde november/december 2000 heeft lagere concentraties dan de overige meetrondes. Dit is het gevolg van de hogere grondwateraanvulling in deze periode door een hoog neerslagoverschot. Uit vergelijking van de resultaten van de afzonderlijke meetrondes blijkt dat het ondiepe hydrologische systeem in de Vlietpolder zeer snel reageert op externe invloed. Het gevolg van een hoog neerslagoverschot wordt direct gemeten in het bovenste grondwater. Binnen 1 à 2 maanden na de intensieve regenperiode zijn de effecten echter niet meer zichtbaar. De meetronde die in de zomer van 2002 is uitgevoerd door het RIVM heeft duidelijk hogere ortho-fosfaat en totaal-fosfaatconcentraties en iets hoger ammoniumconcentraties dan de overige meetrondes die in het najaar of winter zijn uitgevoerd. Effecten van bemonstering aan het begin van de winter of het eind van de winter zijn alleen te zien in de organisch-stikstof concentraties. In de maart meetrondes worden hogere concentraties gemeten dan in de overige meetrondes. Een mogelijke oorzaak hiervan is dat mineralisaties van organisch gebonden stikstof in de wintermaanden langzamer verloopt.

Chloride, ammonium en totaal-stikstof laten een vergelijkbaar patroon in de diepte zien: een toename van de concentratie vanaf het bovenste grondwater en het ondiepste filter (1 tot 3 m-NAP) tot diepere filters (6 tot 10 m-NAP). Daarna volgt een geringe afname van de concentratie tot in het watervoerende pakket. Lage concentraties in het ondiepe grondwater worden veroorzaakt door infiltratie van zoet regenwater. De piek in maximale fosfaatconcentraties ligt dicht bij het oppervlak dan bij chloride, ammonium en totaal-stikstof. Voor zowel ortho-fosfaat als totaal-fosfaat wordt in filter 4 de hoogste concentraties gemeten. De maximale totaal-fosfaat mediaanconcentraties is 7 mg/l. Voor ortho-fosfaat is dit 2,1 mg/l. Dit is aanzienlijk hoger dan de mediaanconcentraties in het bovenste grondwater van 0,56 en 0,30 mg/l voor totaal-fosfaat en ortho-fosfaat. De hoogste sulfaatconcentratie wordt in het bovenste filter gemeten. De spreiding van de concentraties is in deze filter ook het hoogst. Het ondiepe grondwater is ten aanzien van sulfaat dus een zeer dynamisch systeem.

De concentraties in het grondwater zijn betrekkelijk laag in een ondiepe toplaag, maar ze nemen relatief snel toe naar de diepte door de diffusie van stoffen uit weinig diepere lagen (Meinardi, 2004). Het in de diepte gedifferentieerde beeld van de samenstelling van het grondwater op basis van Multi Layer Sampler waarnemingen blijkt niet uit de enkelvoudige waarnemingen die met behulp van landbouwbuizen zijn gedaan. De bemonstering met relatief lange filters geeft aldus een vertekend beeld van de samenstelling van het grondwater in de toplaag van de bodem.

In Fraters (2004) wordt het grondwater in de Vlietpolder vergeleken met dat van LMM-bedrijven (Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid) op veengrond. Hij concludeert dat de stikstofconcentratie in het grondwater van de Vlietpolder relatief hoog is ten opzichte van dat bij de LMM-bedrijven, met name de concentratie aan organisch stikstof (DON). Dit wordt mogelijk mede veroorzaakt door een intensievere bedrijfsvoering, c.q. stikstofgebruik, in de Vlietpolder. Ook de concentratie aan opgeloste organische stof (DOC) in het grondwater in

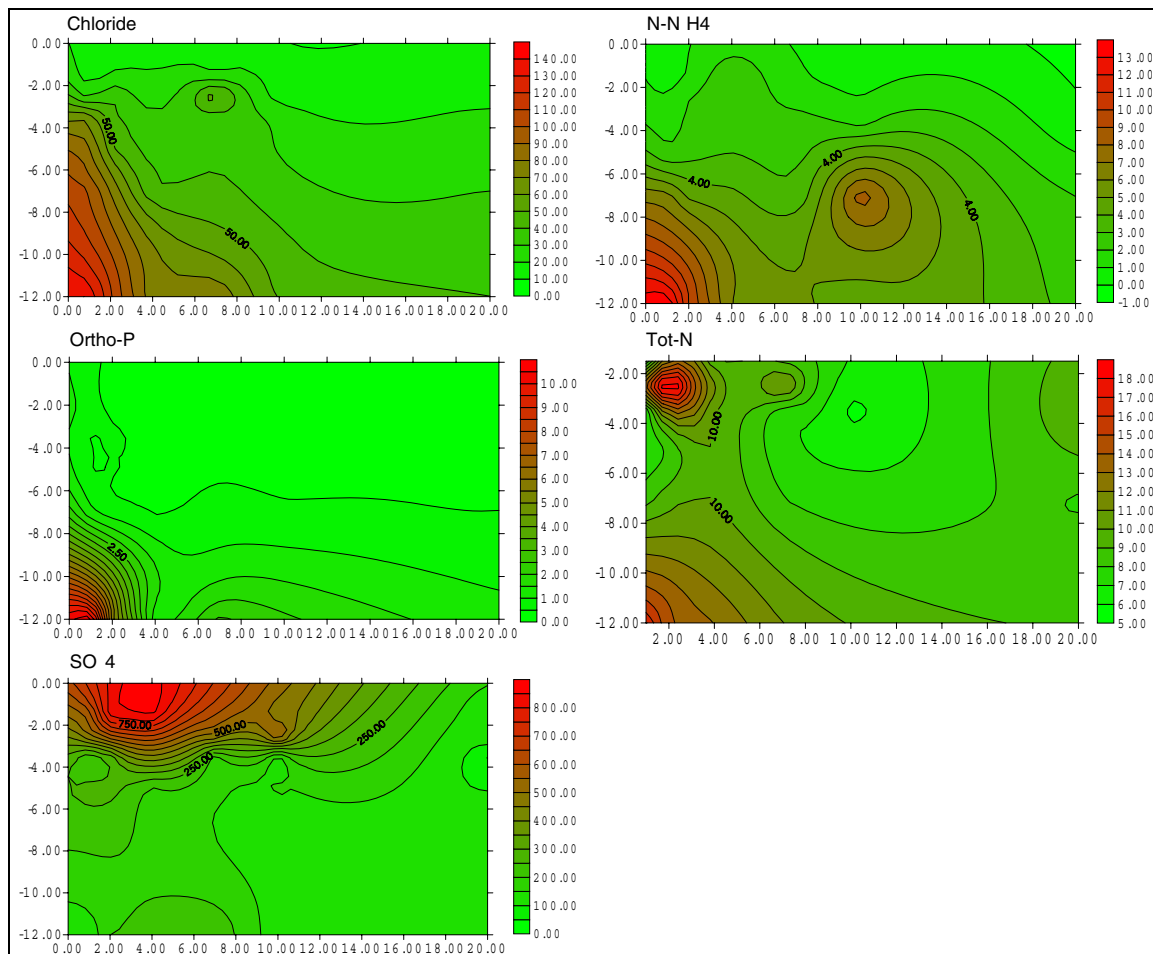
de Vlietpolder is duidelijk hoger dan bij de LMM-bedrijven. De oorzaak hiervan is niet bekend, maar de hogere DOC concentratie zou kunnen samenhangen met het soort veen en een aanwijzing kunnen zijn dat het veen relatief intact is, c.q. minder veraard is ten opzichte van de veenbodem op de LMM-bedrijven. De hogere DOC concentratie draagt bij aan de hogere concentratie aan organisch stikstof. Het is echter niet de enige oorzaak, aangezien de DOC in het grondwater van de Vlietpolder relatief rijk is aan stikstof vergeleken met de DOC in het grondwater van de LMM-bedrijven op veen. Wat betreft de andere parameters, lijkt er een (tot nu toe) onverklaarde licht stijgende trend te zijn van de zoutconcentratie, waarbij specifiek de chloride-, kalium-, en ammoniumconcentratie toenemen in de periode 2000-2002, zowel in absoluut zin, als ten opzichte van de LMM-bedrijven. Doordat de grondwaterstand in de zomer in de Vlietpolder daalt, verschuift de bemonsteringsdiepte van `de bovenste meter van het grondwater` naar beneden. Het diepere grondwater is duidelijk anders van samenstelling dan het ondiepe grondwater in de ontwaterde laag tussen 0 en 2 m-m.v. Door de lagere grondwaterstand in de zomer wordt aldus een andere samenstelling van het grondwater gemeten.

3.4 SAMENSTELLING BODEMOPLOSSING

De samenstelling van de bodemoplossing is gemeten met keramische cups. Deze zijn op verschillende diepten en op verschillende afstanden van de proefsloot geplaatst op totaal 38 meetlocaties. Met keramische cups kan de mobiele fractie van de (verzadigde of onverzadigde) bodemoplossing bemonsterd worden. De resultaten van de metingen zijn beschreven in Hoogheemraadschap van Rijnland (2002) en in Van Beek et al. (2004).

Metingen aan de samenstelling van de bodemoplossing lieten een sterk ruimtelijk patroon zien voor Cl, NH₄, ortho-P en totaal-N (Figuur 7).

FIGUUR 7

CUPS CL, NH₄, ORTHO P, TOTAAL-N, SO₄. OP DE X-AS STAAT DE AFSTAND TOT DE SLOOT EN OP DE Y-AS STAAT DE DIEPTE T.O.V. MAAIVELD IN DM

Deze ruimtelijke patronen worden veroorzaakt door de hydrologie van het perceel, die getypeerd kan worden als:

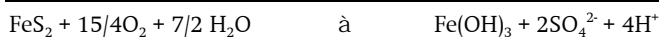
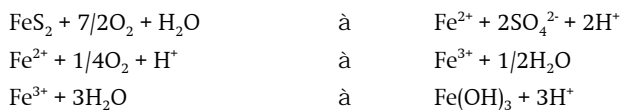
- een kleine, maar constante wegzijging van <25 mm/j,
- bijna 90% van het neerslagoverschot stroomt door de bovenste 1 m van de bodem naar de sloot.

Door deze eigenschappen is er weinig verticaal transport en is de convectie direct onder de sloot klein doordat stroombanen van links en rechts elkaar daar ontmoeten. De uitwisseling tussen de sloot en de bodem direct onder de sloot zal voornamelijk via diffusie verlopen, in mindere mate via convectie. De samenstelling van het grondwater op grotere diepte, bijvoorbeeld op 6 m-m.v., laat grote overeenkomsten zien met de concentraties onder de proef-sloot (Van der Grift, 2003).

De concentraties van Cl, NH₄, ortho-P en totaal-N nemen toe met de diepte onder de proef-sloot. De samenstelling van het grondwater onder de sloot en verder van de sloot op grotere diepte komt overeen. Hierdoor luidt de hypothese dat het oude veenpakket tussen de sloten is 'uitgelooft' door doorspoeling met regenwater. Doordat de grondwaterstand fluctueert ontstaat er door dit proces een seizoensgebonden 'regenwaterlens' (Wassen en Joosten, 1996; Meinardi, 2004). Deze regenwaterlens bleek van groot belang in de belasting van het oppervlaktewater. Immers, bij iedere nieuwe aansnijding van een nutriëntrijke bodemlaag wordt N en P van de nutriëntrijke lagen aan de ondergrens van de regenwaterlens afgevoerd

naar het oppervlaktewater. Oorspronkelijk was de concentratie in de regenwaterlens gelijk aan die onder de regenwaterlens; in het geval van N is dat ongeveer 18 mg/l. Door het doorspoelen met regenwater, en hiermee het uitloggen van het veencomplex, is gedurende de afgelopen 500 jaar ongeveer 6500 kg N afgevoerd¹, grotendeels naar het oppervlaktewater. In §4.3 wordt verder ingegaan op deze bron van N en P in het oppervlaktewater en wordt verder aangeduid, welke in het vervolg wordt aangeduid met de term 'veenwater'.

Voor SO₄ werd een duidelijk ander patroon gevonden dan voor de overige stoffen (Figuur 7), waarbij met name hoge concentraties net langs de sloot werden geconstateerd. De verklaring ligt vermoedelijk in het baggeren van sloten. Ieder jaar worden de sloten geschoond. Waterplanten en bagger worden hierbij op de kant gezet. Circa iedere 5 jaar wordt bagger over het land gespoten. In bagger zit doorgaans veel FeS₂, ijzersulfide, in minerale vorm pyriet genoemd (Breeuwsma et al., 1985). Bij blootstelling aan lucht of aan nitraat, bij afwezigheid van lucht, wordt FeS₂ geoxideerd en ontstaat er SO₄.



Het hierbij gevormde SO₄ komt blijkbaar niet gelijk in oplossing (SO₄ concentraties gaan pas in de winter omhoog). Dit kan veroorzaakt worden door een soort coating die doorgaans om FeS₂ zit (Bush en Sullivan, 1999). Ook kan het zijn dat SO₄ wel gevormd wordt, maar pas in oplossing komt als de grondwaterstanden na een daling weer stijgen.

3.5 SAMENSTELLING OPPERVLAKTEWATER EN WATERBODEM

De samenstelling oppervlaktewater werd op 5 locaties in de polder bepaald; 1) bij het gemaal, 2) in de proefsloot, 3) bij het inlaatpunt, 4) bij de onderbemaling en 5) in de hoofdwatgang van de polder. De eerste 2 locaties werden debietproportioneel bemonsterd (automatisch), de overige locaties werden 1 maal per week bemonsterd. De samenstelling van het oppervlaktewater en de waterbodem is gerapporteerd door Van Schaik en Dewitte (2004).

De samenstelling van het oppervlaktewater in de polder is met name van belang gedurende het aanvoerseizoen, ofwel in de zomer, wanneer eutrofiëring op kan treden. Voor oppervlaktewater, waterbodem en grondwater gelden verschillende normen uit de Vierde Nota Waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1997).

¹ Het verschil tussen de N concentratie in de regenwaterlens en onder de regenwaterlens bedroeg circa 18-5=13 mg/l (Figuur 7). De waterafvoer naar het oppervlaktewater was circa 1000 m³/j (Tabel 4, het oppervlak van de Vlietpolder is 202 ha): 13 mg N/l * 1000 m³/j * 500 j = 6500 kg N.

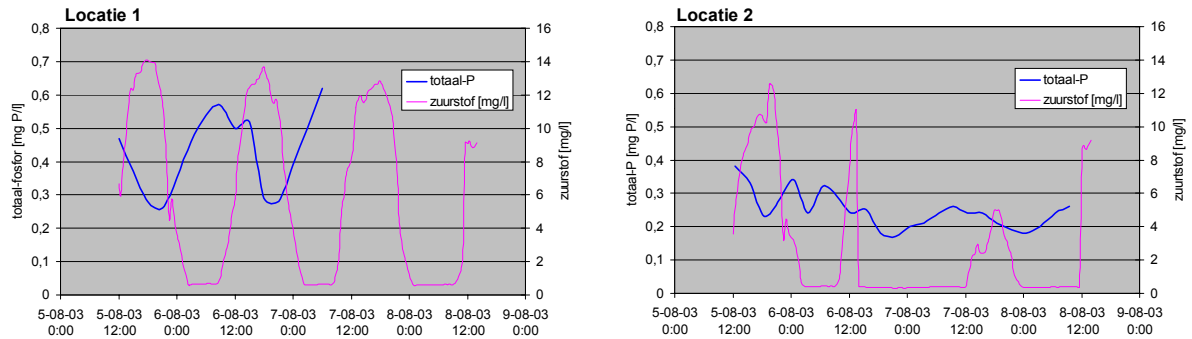
Oppervlaktewater	Belangrijk zijn vooral de MTR-waarden die maximale zomergemiddelde concentraties voorschrijven van 2,2 mg N-totaal/l en 0,15 mg P-totaal/l. Voor SO ₄ en Cl gelden maximum jaargemiddelde concentraties van respectievelijk 100 mg/l en 200 mg/l.
Waterbodem	De kwaliteit van waterbodems wordt gekarakteriseerd met klassen, waarbij klasse 0 overeenkomt met een waterbodem die voldoet aan de streefwaarde en klasse 4 overeenkomt met een overschrijding van de interventiewaarde. Waterbodem worden getoetst op zware metalen, PAK's en organochloorverbindingen.

Het oppervlaktewater in de Vlietpolder voldoet aan de MTR-waarden van Cl en SO₄, maar overschrijdt de waarden voor totaal-N en totaal-P met een factor 1,7 en 3,3. In de periode 1999-2003 is voor geen enkele stof een trend in de tijd waargenomen. Naast de chemische kwaliteit bestaat er ook een biologische beoordeling van het oppervlaktewater. Door middel van de STOWA-systematiek (STOWA, 1993) is vastgesteld dat de biologische kwaliteit van het oppervlaktewater in de Vlietpolder voldoende is. De Quick-scan methode (Hoogheemraadschap van Rijnland en DHV, 2000) leidt tot de conclusie dat de ecologische toestand voor 65% van de sloten goed, 30% matig en 5% slecht is. Sloten met een slechte beoordeling zijn veelal ondiep en/of begroeid met flab (clusters van draadalg) en kroos. Hierbij is het relevant te vermelden dat de samenstelling van het oppervlaktewater in de Vlietpolder representatief is voor het water in andere veenweidepolders binnen het beheersgebied van Rijnland (Van Schaik, 2004).

De meeste waterbodems in de Vlietpolder vallen in klasse 0 en 1, wat inhoudt dat de waterbodems voldoen aan de grenswaarden. Voor het grondwater geldt dat de totaal-P norm in minder dan 25% van de gevallen wordt overschreden. Voor SO₄ en Cl geldt dat de norm vaker wordt overschreden, namelijk in ongeveer de helft van de gevallen. De nitraatconcentratie in het grondwater is constant en laag, de mediaan is 0,22 mg/l N, hiermee voldoet de Vlietpolder ruimschoots aan de Nitraatrichtlijn van de Europese Unie.

In de Vlietpolder zijn op 2 locaties een dag- en nachtritme in de fosfor- (totaal-P) en zuurstofconcentratie gemeten. Locatie 1 ligt midden in de proefsloot van het proefperceel. Op deze locatie staat de sloot vol met waterplanten. De waterdiepte is ongeveer 0,2 m. Locatie 2 ligt bij de debietmeter in de proefsloot. Op deze plek staan vrijwel geen waterplanten. De waterdiepte is ongeveer 0,5 m. Locatie 2 staat onder directe invloed van water uit de hoofdtocht, er vindt stroming plaats van de hoofdtocht naar de sloot. De meetresultaten staan in Figuur 8. Er zijn geen N-bepalingen gedaan in deze veldproef.

FIGUUR 8 DAG- EN NACHTRITME VAN TOTAAL-P EN ZUURSTOF ZOAALS GEMETEN IN DE PROEFSLOOT BEGIN AUGUSTUS 2003



Op locatie 1 is er sterker dag- en nachtritme voor fosfor en zuurstof te zien dan op locatie 2. Op deze laatste locatie is het dag- en nachtritme geringer qua omvang, maar ook hier aanwezig en waarneembaar. De hoogste fosforconcentratie op locatie 1 wordt in de ochtenduren gemeten rond 9:00u en de laagste fosforconcentratie wordt in de avond gemeten rond 21:00u. Dit waargenomen fenomeen kan consequenties hebben voor de monsternamen in de praktijk van de waterbeheerder. De fosforfluctuatie in ondiepe en met waterplanten begroeide sloten is zodanig hoog, namelijk een factor 2, dat het tijdstip van bemonsteren voor een groot deel het analyseresultaat bepaalt.

Naast een dag en nachtritme in fosfor en zuurstof is er ook een dag- en nachtritme gemeten in:

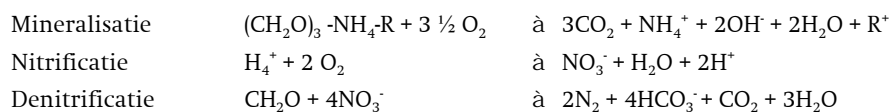
- temperatuur (hoogste: 30°C om 17:00u; laagste: 20°C om 8:00u),
- zuurgraad (hoogste: pH=9 om 18:00u; laagste: pH=7,5 om 3:00u), en
- sulfaat (hoogste: 52 mg/l om 21:00u; laagste: 48 mg/l om 9:00u), omgekeerd vergeleken met het ritme in totaal-P.

Het dag- en nachtritme in de fosforconcentratie is waarschijnlijk het gevolg van de zuurstofschommelingen in het water door fotosynthese van waterplanten. Het dag- en nachtritme in de fosforconcentratie treedt op in ondiepe poldersloten en wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het zuurstofloos worden van water en/of waterbodem in de nacht. Overdag daalt het fosforgehalte weer omdat de zuurstofconcentratie dan toeneemt als gevolg van de fotosynthese van de waterplanten. Het fosforgehalte kan ook dalen doordat de waterplanten en/of algen de fosfor opnemen. In een aëroob zuurstofrijk milieu bindt fosfor aan ijzer³⁺. In een anaëroob milieu wordt ijzer³⁺ gereduceerd tot ijzer²⁺, wat geen P kan binden.

3.6 MINERALISATIE EN DENITRIFICATIE

Mineralisatie en denitrificatie bepalen in grote mate de vorm en hoeveelheid N en P in de bodem. Metingen aan mineralisatie en denitrificatie in de Vlietpolder zijn beschreven in Van Beek et al. (2004a, b)

De belangrijkste biochemische omzettingen of redoxprocessen in (veen)grond met betrekking tot N beschikbaarheid zijn mineralisatie, nitrificatie en denitrificatie.



Mineralisatie werd geschat met behulp van metingen van de N opname door het gras op niet bemest grasland (zgn. nulveldjes). Deze veldjes, een viertal verspreid over de Vlietpolder waarvan één in het proefperceel, werden afgeschermd zodat er geen vee bij kon en N bemesting werd achterwege gelaten. Regelmatig werd het gras gemaaid en geanalyseerd. Uit de N-opbrengst van het gras kan het N leverend vermogen van de bodem afgeleid worden. Door deze vervolgens te corrigeren voor denitrificatie en voor atmosferische depositie wordt een maat verkregen van de hoeveelheid N die beschikbaar komt door mineralisatie van organische stof. Deze organische stof is afkomstig van verschillende bronnen, bijv. oude bemesting en afgestorven plantendelen en is niet enkel afkomstig van veenafbraak.

TABEL 6 N-OPNAME NULVELDJES EN BEREKENING VAN MINERALISATIE VAN ORGANISCHE STOF (\pm : STANDAARDEVIATIE)

		2000	2001	2002	2003
A	N opname door gewas	291±18	228±28	286±18	179±16
B	Atmosferisch depositie	31	31	31	31
C ¹	Denitrificatie	20±5	40±12	23±8	31±10
D	Verandering in N gehalte van de bodem	0	0	0	0
E (=A-B+C-D)	N mineralisatie organische stof	280±19	237±30	278±20	181±5
F ² (=E/23)	P mineralisatie organische stof	12	10	12	8

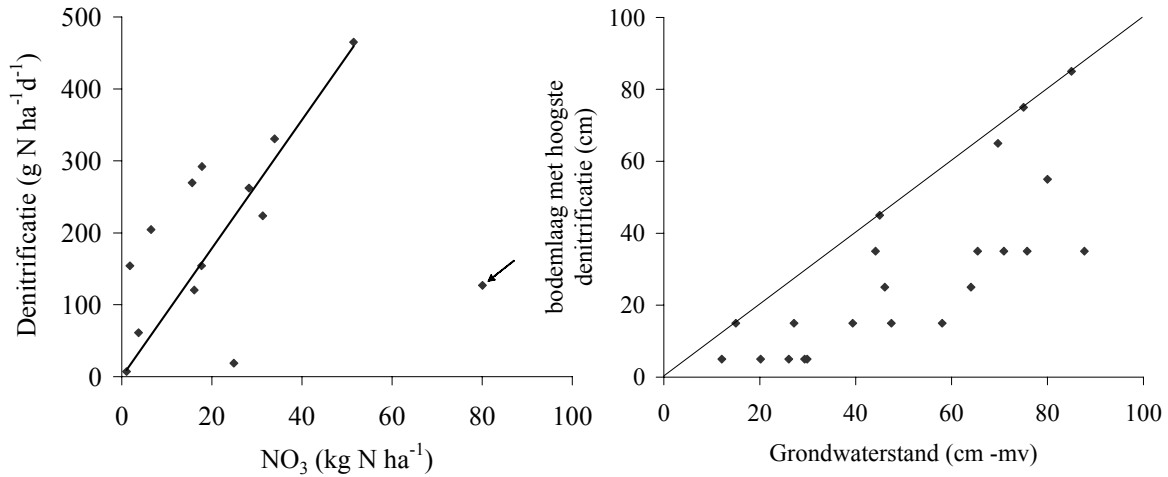
¹ Berekend op basis van locatie specifieke relaties tussen NO₃ gehalte van de bodem en denitrificatie (Van Beek et al., 2004a).

² De gemeten N:P verhouding van de veenbodem in de Vlietpolder was 23:1.

Gedurende de periode september 2000 tot september 2002 is maandelijks de denitrificatie van de bodem tot aan de grondwaterstand gemeten. De metingen werden verricht in het proefperceel. Gemiddeld bedroeg de denitrificatie 87 kg/ha/j N. Dit is veel hoger dan tot nu toe gerapporteerde N verliezen door denitrificatie in landbouwgronden (Barton et al., 1999). Dit komt doordat algemeen wordt aangenomen dat denitrificatie vooral plaatsvindt in de bovenste 0,2 m. Voor veengronden blijkt deze aanname onjuist. In de Vlietpolder vond 70% van de N-verliezen door denitrificatie plaats in lagen dieper dan 0,2 m-m.v. Tevens bleek de algemeen geaccepteerde aanname dat een hogere grondwaterstand leidt tot meer denitrificatie niet van toepassing. Beide aannamen, dat denitrificatie alleen in de bovengrond plaatsvindt en verhoging van denitrificatie optreedt bij hogere grondwaterstand, zijn gebaseerd op de beperkte beschikbaarheid van electron-donoren (organische stof) in de ondergrond, wat in de Vlietpolder niet het geval is. In de Vlietpolder is de grondwaterstand grotendeels sturend voor de diepte waarop de meeste denitrificatie activiteit wordt gevonden, de nitraatconcentratie bepaalt vervolgens de omvang van de denitrificatie. Naast denitrificatie blijkt N₂O productie tijdens de nitrificatie ook aanzienlijke emissies te realiseren. De geschatte totale gasvormige N verliezen door nitrificatie en denitrificatie bedraagt 126-213 kg/ha/j N (Van Beek et al., 2003c).

FIGUUR 9

LINKS: DENITRIFICATIE VS. NO_3 GEHALTE VAN DE BODEM. LIJN GEEFT REGRESSIE WEER, EXCLUSIEF ÉÉN UITBIJTER (AANGEGEVEN MET PIJL). DE UITBIJTER WERD VERORZAAKT DOOR EEN BEMESTING (VEEL NO_3) TIJDENS EEN RELATIEF DIEPE GRONDWATERSTAND. RECHTS: DE BODEMLAAG MET DE HOOGSTE DENITRIFICATIE VS. DE GRONDWATERSTAND. LIJN GEEFT DE 1:1 LIJN AAN. DATA LIGGEN ONDER DE 1:1 LIJN OMDAT ER NIET BEMONSTERD WERD ONDER DE GRONDWATERSTAND (M.A.W. DE 1:1 LIJN IS EEN BOVENGRENS)



DENITRIFICATIE IN SLOOT EN SLOOTBODEM

Uit (regionale) balansstudies volgt vaak een aanzienlijke retentie van N in het oppervlaktewater, die grotendeels wordt toegeschreven aan denitrificatie in het oppervlaktewater. Voor veengebieden wordt de retentie van stikstof in sloten geschat op 55% van de totale N belasting (Roest en Groenendijk, 1994), maar experimentele onderbouwing voor deze toch omvangrijke denitrificatieverliezen in poldersloten ontbreekt in de literatuur. De resultaten van dit hoofdstuk zijn beschreven in De Klein en Gillissen (2003) en in Van Beek et al. (2004).

In de Vlietpolder is denitrificatie in de proefsloot met twee methoden gemeten: de acetyleen inhibitie (AIT) en via ¹⁵N labeling technieken. Beide methoden hebben zo hun voor- en nadelen en door beide methoden te vergelijken kon een redelijk consistent beeld worden verkregen over de absolute denitrificatieverliezen in de proefsloot. De denitrificatie in de proefsloot middels de ¹⁵N labeling techniek bedroeg gemiddeld 18,6 kg/j N (7,8 g/m²/j; (De Klein en Gillissen, 2003) en met de AIT gemiddeld 2,3 kg/j N (1,0 g/m²/j; van Beek et al., 2004). De methodes leveren een groot verschil op, maar beide resultaten zijn beduidend lager dan uit de literatuur bekend.

FIGUUR 10

OPSTELLING DENITRIFICATIEMETINGEN IN DE PROEFSLOOT (AIT)



De ^{15}N labeling techniek gaf hogere uitkomsten dan de AIT, maar voor beide methoden was de omvang van de denitrificatie in de sloot relatief laag in vergelijking met de totale N belasting.

3.7 BAGGEREN

Door sloten uit te baggeren wordt een goede doorgang van water verkregen. Tevens worden tijdens het baggeren nutriënten ‘teruggehaald’ van de sloot(bodem) naar het perceel. In die zin is baggeren een belangrijk mechanisme tussen perceel en oppervlaktewater. In juli 2001 is een baggerproef uitgevoerd, welke is beschreven in Van Schaik et al. (2003) en in Van Beek et al. (2004).

De veehouders in de Vlietpolder zijn, net als alle landbouwers in veenweidegebieden, verplicht hun sloten jaarlijks te schonen om een goede doorstroming van de watergangen te waarborgen. Bij het schonen wordt de bovenste laag van het slootsediment op

Verschillen tussen schonen en baggeren van sloten.

	Schonen	Baggeren
Frequentie	jaarlijks	eenmaal in 5-10 jaar
Doel	doorstroming	doorstroming, ook: bemesting/beregening
Periode	najaar	zomer
Methode	korf/maaibalk	baggerspuit

de kant geplaatst. Naast het jaarlijkse schonen wordt meestal eens in de 5 á 10 jaar gebaggerd met een baggerspuit, waarbij veel meer slootsediment wordt verwijderd welke over het perceel wordt gespoten. De verschillen tussen schonen en baggeren zijn toegelicht in het kader. Vanwege de nutriëntrijke slootbodem was de verwachting dat baggeren tot een grote afvoer van nutriënten uit het slootsysteem zou leiden. In juli 2001 werd een baggerproef uitgevoerd in de Vlietpolder. Hiervoor werd op één perceel (niet het proefperceel) 60 PVC bakken gezet van $0.6 \times 0.4 \times 0.15 \text{ m}^3$ inhoud ($l \times b \times h$) in 12 raaien loodrecht op de

sloot. Voor en na het baggeren werden de bakken gewogen en na afloop van de proef werden de monsters geanalyseerd op N-Kjehldahl en totaal-P. Per baggeronde werd 102 kg/ha N toegediend en 10 kg/ha P (Van Schaik et al., 2004).

3.8 FOSFAATTOESTAND VAN DE BODEM

Meestal is het merendeel van het fosfaat in de bodem niet mobiel, dat wil zeggen gebonden aan Fe- en Al-(hydr)oxiden. Meer nog dan de totale P toestand van de bodem, is de hoeveelheid mobiel P (d.w.z. reversibel gebonden) van belang voor de P uitspoeling naar het oppervlaktewater. De P toestand van de bodem in de Vlietpolder, en de P (de)sorptie-isothermen zijn beschreven in Van Beek et al. (2003d).

De vruchtbaarheidstoestand van landbouwgrond in voor fosfaat wordt voor bouwland vaak uitgedrukt in P-w (water oplosbaar) en voor grasland vaak in P-Al (totaal oplosbaar) getallen. Deze getallen staan voor gehalten aan P in een bepaalde bodemlaag, voor grasland meestal de toplaag van de zode tot 0,05 m of 0,1 m diepte. Deze getallen zeggen maar deels iets over de totale hoeveelheid P

P sorptie en P desorptie

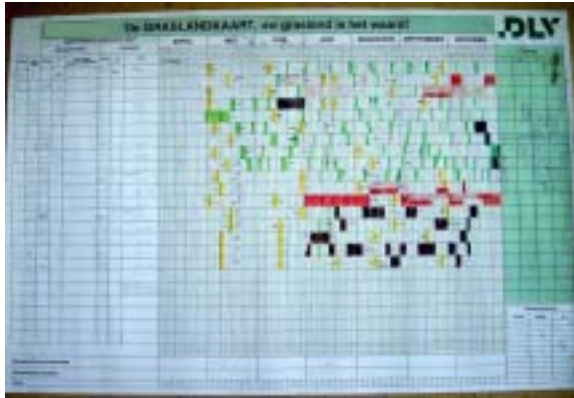
P sorptie en desorptie bestaat uit 2 processen
 P sorptie (F) = adsorptie (Q) + diffusie/precipitatie (S)
 Adsorptie is een veel sneller proces dan diffusie precipitatie. De ratio tussen de maximale sorptie en de werkelijke sorptie wordt bepaald met procesparameters voor F, Q en S symbolisch weergegeven hierboven.

die aanwezig is in de bodem. Om meer te weten over de totale P voorraad van de bodem in de Vlietpolder en over de beschikbaarheid van dit P zijn (de)sorptie-isothermen bepaald van verschillende bodemlagen (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 45-55 en 65-75 cm -mv). Op dit moment bedraagt de totale P voorraad in de bovenste 0,75 m van de Vlietpolder ongeveer 3200 kg/ha P. Hiervan is circa 5% reversibel (kan weer in bodemoplossing komen) gebonden aan Al+Fe (hydr)oxiden. Van het oxalaat-extraheerbaar Al en Fe kan circa 10% een reversibele binding vormen met fosfaat. De beschikbaarheidsparameters α , β en τ bedroegen respectievelijk 0.5, 0.1 en 0.4 (zie kader). Bij volledige fosfaatverzadiging van de grond in de Vlietpolder is ongeveer 1/5 reversibel gebonden en 4/5 irreversibel gebonden. Dit laatste deel blijft altijd aan de veenbodem vastzitten. Omdat de P-voorraad van de bovenste laag van de veenbodem groot is, betekent de omvang van het reversibele deel dat er nogal wat P kan vrijkomen uit de bodem en in oplossing kan gaan, als omstandigheden daartoe aanleiding geven. Vervolgens kan dit deel van de gebonden P dat vrij is gekomen het gewas ten goede komen, of in de sloot belanden. Overigens zullen de nog eventueel beschikbaar komende gegevens van de melkveehouders op het gebied van P-w en/of P-Al cijfers gebruikt en geanalyseerd worden in de voorbereiding van een eventuele fase II van het project.

3.9 VEEHOUDERS EN BEMESTING

Veehouders voeren nutriënten aan en af en beïnvloeden daardoor de N en P status van het perceel. Inzicht in de hoeveelheid en momenten van bemesting is belangrijk om de bijdrage van de landbouw aan de belasting van het oppervlaktewater in te kunnen schatten. Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijvingen van de melkveehouderij in de Vlietpolder kunnen gevonden worden in Van Beek en Oenema (2001), van Beek et al. (2003), DLV (2000), DLV (2001) en DLV (2002).

FIGUUR 11 EEN INGEVULDE GRASLANDKALENDER



De veehouders hebben in belangrijke mate het project mogelijk gemaakt. Om inzicht te krijgen in het gebruik van meststoffen in de Vlietpolder hebben de veehouders zogenaamde graslandkalenders bijgehouden. Op deze kalenders is per dag en per perceel aangegeven welke landbouwkundige handeling is uitgevoerd. Deze graslandkalenders zijn geanalyseerd om verschillen tussen bedrijven en tussen percelen binnen bedrijven wat betreft aan- en afvoer van nutriënten inzichtelijk te maken. N- en P-overschotten op bedrijfsniveau zijn bekend uit de MINAS boekhouding. De nutriëntenbalansen zijn als volgt berekend:

Op bedrijfsniveau: overschot = aanvoer (krachtvoer, ruwvoer, kunstmest, dierlijke mest en vee) – afvoer (melk, dierlijke mest en vee)

Op perceelsniveau: overschot = aanvoer (kunstmest, dierlijke mest, weide mest, slootbagger) – afvoer (grazen en maaien)

De gemiddelde perceels- en bedrijfsbalans voor de Vlietpolder is weergegeven in Tabellen 5 en 6.

TABEL 7 GEMIDDELDE (\pm STANDAARDDEVIATIE, N=6) N EN P BEDRIJFSBALANS VOOR DE JAREN 1999, 2000 EN 2001 (KG/HA/J) (VAN BEEK EN OENEMA, 2001). CIJFERS VOOR 2002 EN 2003 NOG NIET VERDER UITGEWERKT

		1999		2000		2001	
		N	P	N	P	N	P
IN	Kunstmest	222 \pm 42	14 \pm 8	190 \pm 38	10 \pm 8	157 \pm 22	6 \pm 3
	Krachtvoer	131 \pm 38	23 \pm 6	120 \pm 31	20 \pm 5	122 \pm 22	20 \pm 3
	Ruwvoer	20 \pm 24	3 \pm 4	18 \pm 13	2 \pm 2	23 \pm 6	3 \pm 1
	Vee	4 \pm 10	1 \pm 2	2 \pm 3	0 \pm 1	1 \pm 2	0 \pm 0
	Dierlijke mest	0 \pm 0	0 \pm 0	2 \pm 4	0 \pm 0	2 \pm 3	0 \pm 0
UIT	Vee	12 \pm 2	3 \pm 1	10 \pm 3	3 \pm 1	12 \pm 4	3 \pm 1
	Melk	81 \pm 20	14 \pm 4	77 \pm 15	13 \pm 3	78 \pm 7	13 \pm 2
	Dierlijke mest	13 \pm 25	2 \pm 3	2 \pm 3	0 \pm 0	2 \pm 2	0 \pm 0
	Overschot	271 \pm 44	22 \pm 10	243 \pm 28	16 \pm 9	213 \pm 28	13 \pm 4

DLV (2004) rapporteerde ook over de overschotten op bedrijfsniveau tussen 1999 en 2002. Voor N daalden ze met 30% tot ongeveer 190 kg/ha/j (MINAS: 175 kg/ha/j), voor P met ruim 70% tot 14 kg/ha/j (MINAS 12 kg/ha/j). De melkveehouders waren de officiële MINAS-verliesnormen steeds ongeveer één jaar vooruit en daarmee is een belangrijke doelstelling van het project bereikt. In vergelijking met twee melkveehouderijbedrijven van het type 'voorlopers' en deelnemers aan het project Koeien & Kansen, zijn de N-overschotten op bedrijfsniveau in de Vlietpolder nog iets hoger, en lijkt er dus nog steeds verbetering mogelijk te zijn. Voor P liggen de cijfers dicht bij elkaar. Vergeleken met meer dan 100 melkveebedrijven in Zuid-Holland hebben de veehouders in en om de Vlietpolder ongeveer vergelijkbare N-overschotten en lagere P-overschotten gerealiseerd (DLV, 2001; DLV, 2002). De melkproductie per ha was in de Vlietpolder gelijk aan of hoger dan die van collega-bedrijven.

TABEL 8 GEMIDDELDE (\pm STANDAARDDEVIATIE, N=65) N EN P PERCELSBALANS VOOR DE JAREN 1999, 2000 EN 2001 (KG/HA/J) (VAN BEEK EN OENEMA, 2001). CIJFERS VOOR 2002 EN 2003 NOG NIET VERDER UITGEWERKT

		1999		2000		2001	
		N	P	N	P	N	P
IN	Kunstmest	216 \pm 67	9 \pm 9	182 \pm 36	7 \pm 8	153 \pm 35	6 \pm 10
	Atmosferische depositie	31	-	31	-	31	-
	Drijfmest	156 \pm 69	25 \pm 13	132 \pm 83	21 \pm 12	156 \pm 84	21 \pm 11
	Weidemest	127 \pm 94	12 \pm 8	134 \pm 101	12 \pm 9	100 \pm 63	9 \pm 6
	Slootbagger	31 \pm 75	1 \pm 3	35 \pm 89	2 \pm 3	33 \pm 77	1 \pm 3
UIT	Gemaaide gras	209 \pm 79	22 \pm 8	176 \pm 84	19 \pm 8	206 \pm 94	20 \pm 8
	Begrazing	198 \pm 139	18 \pm 11	214 \pm 147	19 \pm 13	157 \pm 90	14 \pm 8
	Overschot	154 \pm 137	7 \pm 19	124 \pm 104	4 \pm 13	110 \pm 125	3 \pm 13

De cijfers over de perceelsbalans zijn relevanter dan de bedrijfsbalansen voor een kwantitatieve schatting van de hoeveelheid N en P die in het open water belanden. Deze cijfers geven namelijk direct weer wat er op de percelen zelf gebeurt qua bemesting en gebruik.

De overschotten op de perceels- en bedrijfsbalansen hebben een verschillende betekenis. Er geldt:

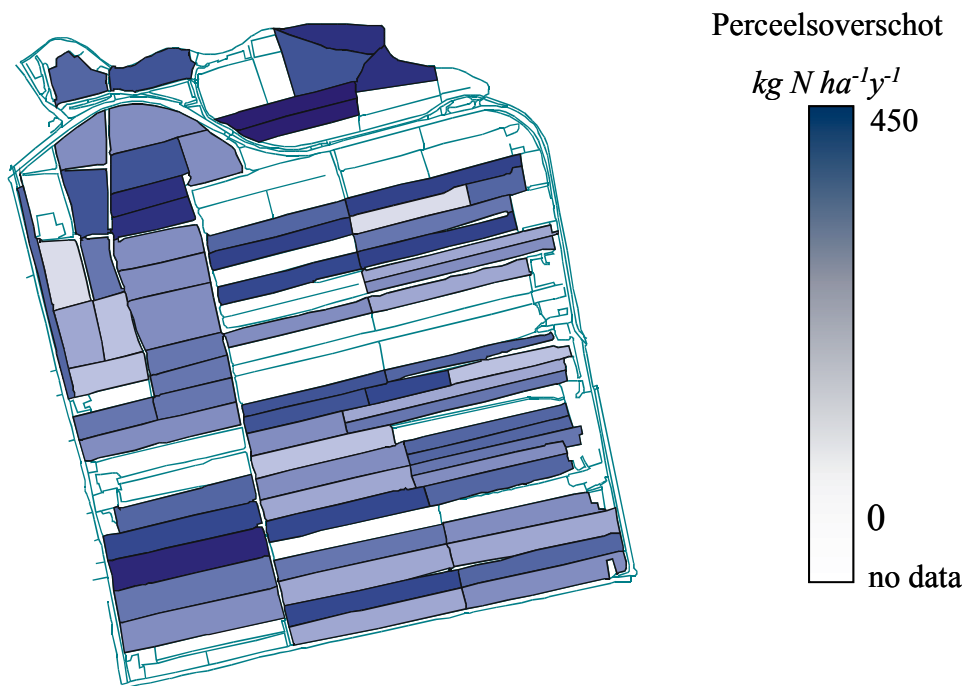
$$\text{Overschot bedrijfsbalans} = \text{overschot perceelsbalans} - \text{slootbagger} - \text{atmosferische depositie} + \mathcal{E}$$

waarbij \mathcal{E} staat voor inconsistenties tussen balansen als gevolg van schaalverschillen. In de meeste gevallen werd een positieve \mathcal{E} gevonden wat wijst op niet opgenomen verliezen in de stallen en mestopslagen (bijv. NH_3 vervluchtiging).

Verder kan worden afgeleid dat per jaar verschillen tussen percelen groter zijn dan verschillen tussen bedrijven. Of, in andere woorden, het bedrijfsniveau is niet onderscheidend wat betreft nutriëntengebruik. Deze conclusie kan statistisch onderbouwd worden (Van Beek et al., 2003a), maar blijkt ook uit Figuur 12 ter illustratie. Overigens wordt verwacht dat gemiddelde cijfers over meerdere jaren op perceelsniveau kleinere verschillen tussen de percelen te zien zullen geven dan de cijfers per jaar.

FIGUUR 12

N-OVERSCHOTTEN OP PERCEELSNIVEAU VOOR HET JAAR 1999. OVERSCHOTTEN NEMEN TOE VAN LICHT NAAR DONKER.



De veehouders hebben binnen het project gewerkt aan efficiënter mest- en mineralenbeheer en -gebruik. Op het gebied van bemesting, voeding, management op basis van metingen en registraties en het graslandgebruik is winst geboekt. De veehouders waren aanvankelijk terughoudend, maar waren op het eind van fase I ervan overtuigd dat deelname aan het project goed geweest is. Ze hebben efficiënter gebruik gemaakt van meststoffen op hun bedrijf, zonder negatieve bedrijfseconomische gevolgen. Hun kennisniveau is vergroot. De onderlinge samenwerking en vergelijking heeft positief gewerkt op motivatie en resultaat. Het idee heerst wel bij de veehouders dat verdergaande reducties in verliezen van meststoffen niet zonder slag of stoot zullen gaan, de rek lijkt er grotendeels uit, gegeven de huidige bedrijfsvoering en omstandigheden. Door soms grotere risico's te nemen en met beter

management zijn er nog mogelijkheden. Dit is onderwerp van nader onderzoek in het kader van een voorbereiding van een eventuele fase II van het Veenweideproject.

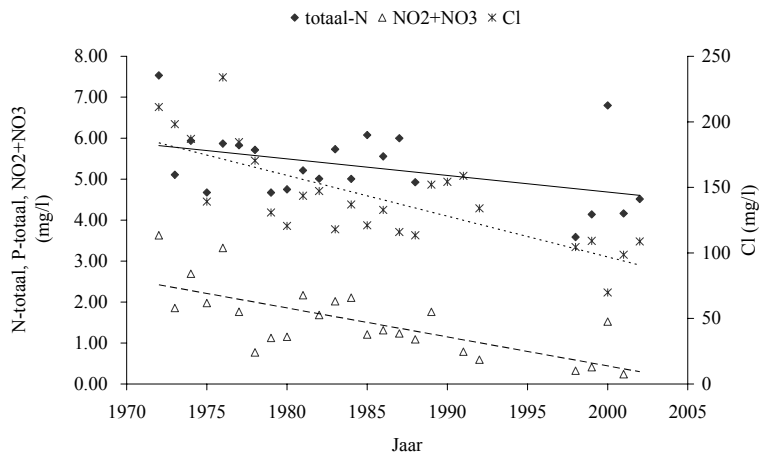
3.10 LANGJARIGE TRENDS

Sinds 1972 heeft Rijnland stofconcentraties gemeten in het uitgeslagen water van de Vlietpolder. De resultaten laten een duidelijke aflopende trend zien voor totaal-N, nitraat en chloride (Figuur 13). De reductie in totaal-N kan volledig toegeschreven worden aan een afname in de nitraatconcentraties. De trend in Figuur 13 is opmerkelijk omdat het mest-gebruik in Nederland pas is afgenomen na 1985 (www.cbs.nl). Echter, de resultaten van Figuur 13 worden op meer plaatsen in Nederland gevonden (Plette et al., 2002), en kent verschillende oorzaken:

- De 70-er jaren waren relatief droog ten opzichte van de jaren negentig en in droge jaren is er minder uitspoeling vanuit de percelen.
- Sinds 1972 is organische mest deels vervangen door kunstmest en is de KCl bemesting afgenomen, wat een deel van de Cl daling kan verklaren.
- Sinds 1985 is de waterkwaliteit van de Rijn verbeterd, en daarmee de kwaliteit van het inlaatwater (Plette et al., 2002).

Het bemestingsniveau is echter pas afgenomen na 1985 en de meeste puntbronnen zijn in de 80-er jaren gesaneerd. De riolering in de Vlietpolder is aangelegd medio 80-er jaren en wel langs 2 wegen, de Groenwegh in 1985 en Ofwegen in 1986. Door verstrengeling van effecten kan er niet één proces aangewezen worden als dé oorzaak. De laatste jaren, sinds medio jaren 90, vlakt de dalende trend van nitraat en chloride af, een verdere kwaliteitsverbetering is niet waar te nemen.

FIGUUR 13

LANGJARIGE TRENDS IN HET UITGESLAGEN WATER VAN DE VLIETPOLDER. LIJNEN GEVEN SIGNIFICANTE ($P < 0.05$) LINEAIRE TRENDS WEER.

4

SYNTHESE

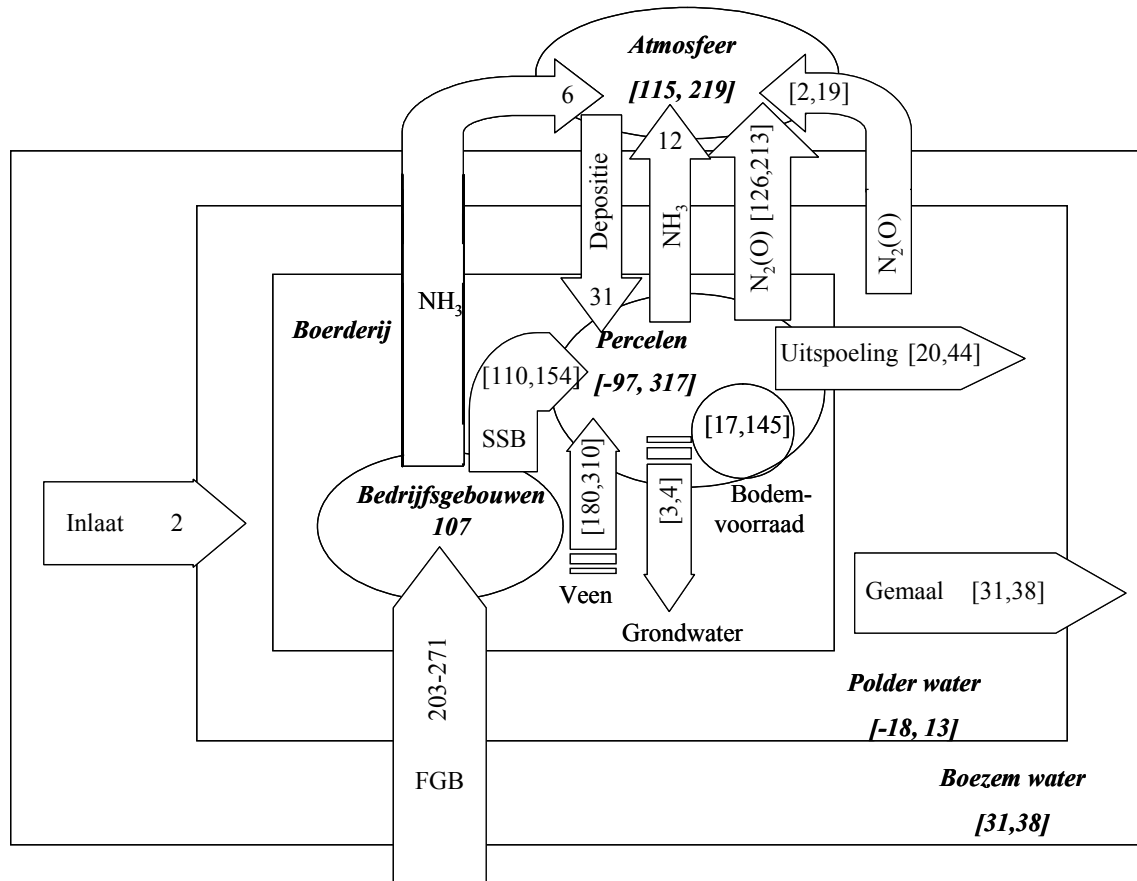


WINTER EN ZOMER OP HET PROEFPERCEEL IN DE VLIETPOLDER.

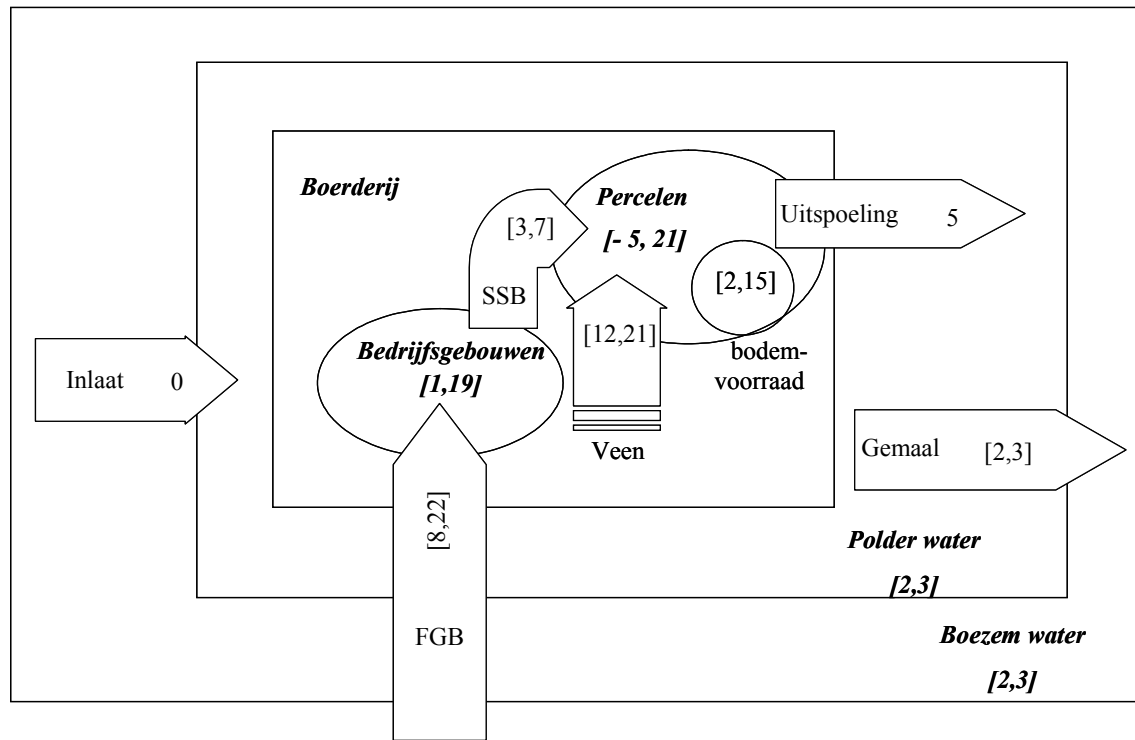
4.1 NUTRIËNTENKRINGLOPEN IN DE POLDER

Nutriëntenbalansen geven inzicht in de consistentie van metingen (hoe kleiner de restpost, hoe consistentier de metingen) en geven inzicht in mogelijkheden om verliezen te beperken. Veel nutriëntenstromen zijn variabel in de tijd en hebben een verschillende 'reactietijd'; mest toegediend in het ene jaar hoeft niet hetzelfde jaar opgenomen te worden door het gras, of zelfs afgevoerd te worden als melk. Om deze redenen geeft een jaargemiddelde nutriëntenbalans geen compleet beeld. In de Figuren 14 en 15 zijn de nutriëntenbalansen van N en P gepresenteerd op polderniveau. Hierbij zijn zowel minimum als maximum waarden weergegeven. De restpost is de verandering in de bodemvoorraad.

FIGUUR 14 SCHEMATISCHE N KRINGLOOP VAN DE VLIETPOLDER (GEGEVENS VAN 2000 TOT 2002, KG/HA/J). WAARDEN TUSSEN HAAKJES [] GEVEN MINIMUM- EN MAXIMUMWAARDEN AAN. FGB: FARM GATE BALANCE, DE MINAS-BALANS OVER HET BEDRIJF. SSB: SOIL SURFACE BALANCE, DE BALANS OVER HET BODEMOPPERVLAK. IN FIGUUR STAAN VOOR FGB EN SSB DE NETTO BALANSTERM VERMELD



FIGUUR 15 SCHEMATISCHE P KRINGLOOP VAN DE VLIETPOLDER (GEGEVENS VAN 2000 TOT 2002, KG/HA/J). WAARDEN TUSSEN HAAKJES [] GEVEN MINIMUM- EN MAXIMUMWAARDEN AAN. FGB: FARM GATE BALANCE, DE MINAS-BALANS OVER HET BEDRIJF. SSB: SOIL SURFACE BALANCE, DE BALANS OVER HET BODEMOPPERVLAK. IN FIGUUR STAAN VOOR FGB EN SSB DE NETTO BALANSTERM VERMELD.



Op perceelsniveau gaf het bereik tussen minimum en maximum zowel positieve als negatieve waarden aan (Figuren 14 en 15). Hoewel het verschil tussen minimum en maximum overschot redelijk groot was, is dit een aanwijzing dat de data consistent waren.

Uit de Figuren 14 en 15 kan de verdeling van het overschot over verschillende verliesroutes naar de milieucompartmenten water, lucht en bodem worden afgeleid (Tabel 9). Hierbij is uitgegaan van de totale N en P aanvoer, inclusief mineralisatie en depositie. Doordat mineralisatie is opgenomen in het overschot, is de verandering in de bodemvoorraad positief. De netto verandering in de bodemvoorraad wordt verkregen door de verandering in de bodemvoorraad te verminderen met de mineralisatie van organisch materiaal (§3.6). In dat geval is de verandering in de bodemvoorraad negatief, wat ook te verwachten is gezien de jaarlijkse irreversibele veenafbraak.

TABEL 9 VERDELING VAN DE NETTO N EN P AANVOER OP BEDRIJFSNIVEAU (FGB-Overschot + MINERALISATIE VEEN + DEPOSITIE) OVER VERSCHILLENDE VERLIESROUTES RICHTING WATER, LUCHT EN BODEM (%).

Verliesroute		N	P
Uitspoeling	Oppervlaktewater	3-10	15-17
	Grondwater	1	<0,5
Vervluchtiging	N ₂ (0)	22-51	n.v.t.
	NH ₃	3-4	n.v.t.
Verandering in bodemvoorraad		3-32	6-52
Totaal		32-98	21-69

Uit Tabel 9 volgt dat voor N vervluchtiging de belangrijkste afvoerroute is, terwijl het grootste deel van het P overschot wordt opgeslagen in de bodem. Dit is een belangrijke bevinding: Bij lineaire relaties zal een verdere daling van de N en P overschotten met name leiden tot een daling van de N vervluchtiging en de P opslag in de bodem, en in mindere mate in een vermindering in de uitspoeling.

4.2 AFVOERROUTES VAN NUTRIËNTEN VAN DE BODEM NAAR OPEN WATER

De N en P die zich in het open water bevinden komen via diverse routes daarin terecht. Deze routes, niet te verwarren met bronnen, zijn (Michielsen en Van Schaik, 2004):

- Lozing,
- Depositie uit de lucht (droog en nat),
- Inlaat van water,
- Oppervlakkige afvoer en
- Drainagewater.

Er vinden geen erf- of andere (communale) lozingen plaats in de Vlietpolder. Als schatting van de depositieterm wordt de neerslaghoeveelheid gekozen, vermenigvuldigd met de gemeten stofconcentraties in deze neerslag. Op basis van de water- en stofbalansen over het water voor de polder als geheel, gegeven de genoemde aanvoerroutes, komen chloride, stikstof en fosfor in het oppervlaktewater volgens Tabel 10.

TABEL 10 VERDELING VAN DE CL, N EN P AANVOER NAAR HET OPEN WATER OVER DE VERSCHILLENDE AANVOERROUTES (%). CIJFERS: JAARGEMIDDELDE VOOR PERIODE 2000-2002 (MICHIELSEN EN VAN SCHAIK, 2004).

Aanvoerroute	Cl	N	P
Depositie	17	5	3
Inlaat	20	5	9
Afspoeling	18	34	48
Drainage	45	56	40

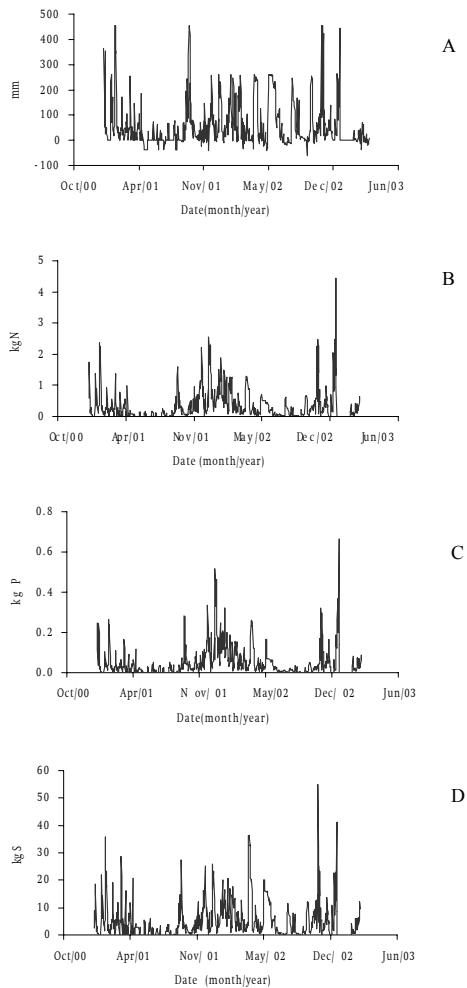
Uit de cijfers van Tabel 8 blijkt dat afspoeling en drainage de grootste aanvoerroutes van zout en nutriënten naar het open water zijn. De stofbelasting die via oppervlakkige afvoer naar de sloten tot stand komt bedraagt op jaarbasis voor stikstof gemiddeld ongeveer 35% van de totale belasting van het open water, en voor fosfor bijna 50% van de totale belasting. Voor de wintermaanden kunnen deze percentages oplopen tot 40-45% voor N en 60% voor P. De belasting van de sloten met nutriënten via oppervlakkige afvoerroutes van de percelen is dus een route van duidelijke betekenis. Het inlaatwater is in de zomer van betekenis voor de nutriënten, de percentages bedragen 10-17% voor N en 19-34% voor P.

4.3 NUTRIËNTENBELASTING OPPERVLAKTEWATER EN BRONNENANALYSE

De meeste uitspoeling kwam tot stand gedurende de periode oktober - april (Figuur 16). Ongeveer 20% van de totale N en P belasting van het boezemwater kwam tot stand gedurende de 10 dagen met de grootste afvoer.

FIGUUR 16

WATERFLUXEN BIJ HET GEMAAL IN M3 (FIG. A) EN NETTO N (FIG. B), P (FIG. C) EN S (FIG. D) VRACHTEN UITGESLAGEN DOOR HET GEMAAL RICHTING DE BOEZEM IN KG.



De nutriëntenvrachten gemeten bij de debietmeter in de proefsloot en bij het gemaal van de polder komen redelijk goed overeen (Tabel 9). Hieruit volgt dat de retentie in het polderwater klein is. Deze aanname wordt bevestigd door de geringe denitrificatie in het oppervlaktewater van 2,3 kg/j N (Van Beek et al., 2004). Op basis van de schattingen van De Klein en Gillissen (2003) van 18,6 kg/j N is de retentie echter groter en bedraagt dan 10-20% van de N-belasting door af- en uitspoeling (mondelinge mededeling De Klein, 2004). Meinardi (2004) maakt ook melding van het verdwijnen van N en P uit het open water door afbraak, neerslag en plantopname. Hij schat de hierdoor veroorzaakte reductie van de stofconcentraties op in totaal 50% voor beide stoffen. Dit getal lijkt aan de hoge kant. In deze rapportage wordt er echter van uitgegaan dat de retentie klein is. Aan het onderwerp 'verwijdering van nutriënten in sloten' door denitrificatie, neerslag en plantopname zal in de voorbereiding van fase II aandacht geschonken worden.

TABEL 11

STOFVRACHTEN BIJ DE DEBIETMETER (PROEFPERCEEL) EN BIJ HET GEMAAL (POLDER) IN KG/HA/J

	2000				2001				2002			
	CL	N	P	SO ₄	CL	N	P	SO ₄	CL	N	P	SO ₄
Gemaal	333	36,2	2,3		370	34,6	3,5		338	31,3	3,1	
Debietmeter					339	31,7	4,0	426	318	28,6	4,5	428

Van de totaal-N vrachten bestaat ongeveer 20% uit NO₃ en 15% uit NH₄, de rest bestaat uit organisch N. Opvallend zijn de SO₄ vrachten die de polder uitgaan en de boezem belasten, ze zijn groot in omvang vergeleken met andere veengebieden in Nederland. Dit heeft waarschijnlijk deels te maken met bagger (§3.7) en deels met de samenstelling van het veen, dat rijk is aan ijzersulfide. Vooral op de slootkanten neemt de SO₄ concentratie in het bodemwater toe (§3.4). Door te baggeren wordt sulfiderijk slootsediment op het land gebracht, wat vervolgens kan oxideren tot SO₄. De pH daalt hierbij waardoor een deel van het reversibel gebonden fosfaat in oplossing kan komen. Als er drainage optreedt kunnen fosfaat en sulfaat het open water bereiken en belasten. Door een eventueel optredende reductie, doordat bijvoorbeeld de grondwaterstand stijgt, kan weer FeS_x gevormd worden. Hierdoor kan het aantal Fe-sorptieplaatsen voor P afnemen en neemt de kans op de af- en uitspoeling van P toe.

Het blijkt dat de bodem en deels de bagger in de Vlietpolder een bron is van SO₄ in het polderwater. Deze stof kan interne eutrofiëring veroorzaken (Beltman et al., 2000), die vaak gelieerd wordt aan SO₄-rijk inlaatwater (Smolders en Roelofs, 1995). In de Vlietpolder lijkt daar in mindere mate sprake van te zijn, en zijn SO₄ vrachten uit de polder ongeveer 12 keer hoger dan de vrachten van de inlaat naar de polder. De bagger en bodem als bron van SO₄ is hier groter dan het inlaatwater als bron. Echter, het moment binnen het jaar waarvoor dit zou gelden speelt nog een belangrijke rol. Inlaatwater wordt met name gebruikt in tijden van droogte en dalende grondwaterstanden. Afvoer van water uit het perceel dat SO₄ bevat, uit welke bron ook afkomstig, vindt plaats in tijden van neerslagoverschot. In droge tijden zal SO₄ in inlaatwater zeker een rol van betekenis spelen in de interne eutrofiëring. De verwachting is dat SO₄ uit bagger op dezelfde wijze P voor een deel kan vrijmaken en dus bij kan dragen aan de eutrofiëring van het oppervlaktewater. Hoewel in het Veenweideproject geen kwantitatieve inschatting gemaakt kan worden over de P belasting door SO₄ reductie na baggeren, is de conclusie dat SO₄ vooral uit de polder komt en niet van het inlaatwater. Dit neemt niet weg dat baggeren van sloten van direct en wezenlijk belang is voor de zuurstof- en nutriëntenhuishouding van open water en het voordeel van baggeren groter is dan de nadelen die betrekking hebben op de indirecte effecten door SO₄, zeker als de bagger wordt verspreid over het perceel.

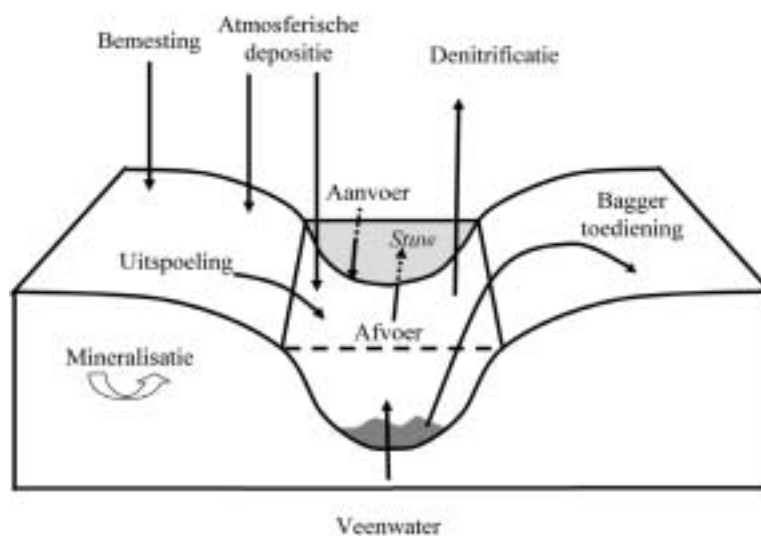
In Figuur 17 is schematisch aangegeven hoe verschillende processen bijdragen tot de belasting van het oppervlaktewater in de Vlietpolder. Uit deze figuur blijkt dat nutriënten in het oppervlaktewater afkomstig zijn van de volgende bronnen (niet te verwarren met de eerder in §4.2 genoemde routes):

- 1 bemesting door de landbouw: organische mest en kunstmest,
- 2 mineralisatie van veen,
- 3 veenwater,
- 4 atmosferische depositie en
- 5 inlaatwater.

Veenwater is het grondwater dat zich beneden de ontwaterde laag van maximaal 2 m dikte bevindt. De term wordt hier geïntroduceerd en gebruikt voor dat grondwater omdat het gedurende lange tijd in contact is met de veenbodem, vanwege de geringe wegzijging van water naar het regionale grondwater (<25 mm/j). Hierdoor wordt het water beneden de ontwaterde laag slechts zeer langzaam verversd en heeft het grondwater de gelegenheid/tijd om chemisch in evenwicht te komen met de veenbodem. Het veenwater komt in de sloot terecht omdat stoffen die zich in het grondwater beneden de ontwaterde laag bevinden via diffusie en dispersie in de stroombanen terechtkomen binnen de ontwaterde laag. De stroming van water in deze laag zorgt vervolgens voor transport van de stoffen naar de sloten.

FIGUUR 17

SLOOTSISTEEM IN DE VLIETPOLDER. PIJLEN GEVEN TRANSPORTROUTES VAN N EN P WEER. CURSIEVE TEKST VERWIJST NAAR N EN P BRONNEN DIE BIJDAGEN AAN DE BELASTING VAN DE SLOOT. GEARCEERD GEBIED GEEFT NUTRIËNTRIJKE VEENBODEM AAN.



De nutriëntenvrachten die de debietmeter passeren geven een kwantitatief beeld van N en P belasting van het oppervlaktewater. Echter, processen in de proefsloot kunnen zorgen voor een retentie tussen de directe vracht in de sloot en de afvoer bij de debietmeter. Op de uitspoeling en de bijdrage van veenwater na zijn alle processen uit Figuur 17 kwantitatief bepaald in het Veenweideproject.

Uit de Cl balans van het open water in de polder kon opgemaakt worden dat er een aanvullende vracht vanuit de diepe lagen in de bodem het slootwater moet bereiken. De Cl-balans vertoonde een tekort aan Cl-aanvoer (Michielsen en Van Schaik, 2004). Dit is geen regionale kwel, aangezien de Vlietpolder een gebied is waar wegzijging plaatsvindt (§3.2). Door het patroon van de diepste stroombanen van het neerslagoverschot in de ontwaterde laag en door diffusie en dispersie kan transport plaatsvinden van water en stoffen vanuit de bodem beneden de ontwaterde laag (>2 m-m.v.) naar de sloot. Er zijn verschillende methoden om de aanvoer van veenwater te kwantificeren, die allen ongeveer hetzelfde resultaat geven van 20 tot 30 kg/j N en 10-15 kg/j P (Michielsen en Van Schaik, 2004; Van Beek et al.,

2004). De berekende N en P balans van de proefsloot is weergegeven in Tabel 10 (Van Beek, 2004). De bemesting en de afbraak van organisch materiaal vormen samen de bron voor de netto af- en uitspoeling en zijn de restpost op de balans.

TABEL 12

GEMIDDELDE JAARLIJKE N EN P BALANS VAN DE PROEFSLOOT (VAN BEEK ET AL., 2004) OVER DE KALENDERJAREN 2001 EN 2002 IN (KG/J).

IN	N	P
Bemesting en afbraak	107,8	3,7
Atmosferische depositie	7,4	< 1
Inlaat water	6,1	1,1
Veenwater	32	15
UIT		
Denitrificatie	-2,3	0
Bagger	-48	-4,8
Afvoer bij debietmeter	-103	-15
Som	0	0

In Tabel 10 zijn fluxen van en naar de sloot weergegeven in de eenheid kg/j, teneinde rekening te houden met verschillen in oppervlakten. Immers, denitrificatie in de sloot vindt alleen in de sloot plaats, maar baggeren gaat van de sloot naar het perceel. Het vanggebied van de proefsloot is ongeveer 3,2 ha. Hiermee kan de netto af- en uitspoeling van N en P uit bemesting en afbraak van organisch materiaal per ha grasland berekend worden (getallen in eerste rij uit tabel 10). Deze bedraagt ongeveer 34 kg N ha/j en 1,2 kg P ha/j. Deze waarden komen goed overeen met eerdere rapportages (Van Liere et al., 2002; Kirkham en Wilkins, 1993; Van Huet, 1991; Heathwaite, 1991; Van der Kolk en Hendriks, 1995; Hendriks, 2003).

Op basis van resultaten van mineralisatie en bemesting kan de relatieve bijdrage van verschillende nutriëntenbronnen bepaald worden. Er is een drietal berekeningswijzen gehanteerd om tot een bronnenanalyse te komen (Van Beek et al., 2004; Meinardi, 2004; Michielsen en Van Schaik, 2004). De eerste twee methoden berekenen de belasting vanuit het perceel dan wel de bodemkolom geredeneerd, op perceelsschaal. Hierbij hanteren Van Beek et al. (2004) een recht toe recht aan en daarmee proportionele vertaling van bronnen en overschotten van meststoffen naar de belasting van het slootwater. Meinardi (2004) neemt als basis voor schatting van de belasting van het oppervlaktewater rekenkundige relaties tussen de bruto belasting aan maaiveld met N en de uitspoeling naar het water. Voor P schat hij de concentraties in het water dat richting de sloot gaat als resultaat van bemesting. Meinardi (2004) komt tot een relatieve bijdrage van meststoffen aan de belasting van het open water van 10-20% voor N en ongeveer 10% voor P. Zijn schattingen zijn lager dan die van Van Beek et al. (2004) en Michielsen en Van Schaik (2004). Hij maakt geen onderscheid tussen de bronnen afbraak van organische stof en veenwater. Michielsen en Van Schaik (2004) redeneren vanuit het open water voor de gehele Vlietpolder. Zij hanteren een waterbalans over het oppervlaktewater als basis voor de bronnenanalyse. Vervolgens worden de hydrologische aanvoerroutes van water aan gemeten stofconcentraties gekoppeld, zoals gemeten in de neerslag en in de bodemoplossing. Deze stoffen komen volgens een vaststaande verdeling in de diepte van de bronnen bemesting, afbraak van organisch materiaal en veenwater.

Tijdens de berekeningen bleek, op basis van chloride dat succesvol als hulpstof is gebruikt, dat er een tot dan toe onbekende bron aanwezig moest zijn: het veenwater. Hiermee wordt het water bedoeld dat in de deklaag van veen en klei in de ondergrond zit, beneden de ontwaterde laag (>2 m diep). Dit water staat reeds heel lange tijd in contact met de bodem ter plekke. Daardoor is de samenstelling ervan grotendeels afhankelijk van de veen- en kleisoort, ook omdat er weinig water wegzijgt uit de Vlietpolder. De stofconcentraties van het veenwater bedragen ongeveer 20 mg/l N en 10 mg/l P, anders gezegd globaal 10x (N) tot 100x (P) de MTR-norm voor open water voor beide stoffen. Indien er slechts een geringe hoeveelheid van het veenwater terechtkomt in de sloot, dan is de invloed ervan op de samenstelling van het slootwater meteen omvangrijk.

Na interpretatie van de drie referenties wordt de volgende bronnenverdeling verkregen (Tabel 13). De aangegeven ranges komen voort uit de toepassing van de drie verschillende methodes. Ze geven ook weer dat de bronnenanalyse onzekerheden kent, die zichtbaar worden wanneer bij de toepassing van verschillende rekenmethodes aannames worden gedaan.

Uit de bronnenanalyse blijkt dat voor N en P de belangrijkste bronnen het veenwater en de meststoffen uit de landbouw zijn. Dat het veenwater in het slootwater terechtkomt is deels het gevolg van het gevoerde *peilbeheer* in de polder. De wegzijging naar het regionale grondwater is gering en is van kleine invloed hierop. Voor de afbraak van organisch materiaal, i.c. de veenbodem geldt ook dat *peilbeheer* de sturende factor is. *De ontwatering van de polder voor de landbouw stuurt aldus het veenwater en de afbraak van organische stof aan, samen goed voor de belangrijkste bijdrage aan de N- en P-belasting van het slootwater.* Deze ontwatering wordt geregeld door het *peilbeheer*. De benodigde hoeveelheid inlaatwater is mede afhankelijk van de gekozen waterpeilen en beter, het operationele waterbeheer. Kortom, zowel het waterbeheer met als onderdeel *peilbeheer*, als de bemesting van het grasland door de melkveehouders spelen samen de cruciale rol in de nutriëntenproblematiek in de sloten. *Peilbeheer en waterkwaliteit hebben dus een directe relatie met elkaar, integraal waterbeheer in de praktijk brengen is dus geen overbodige luxe maar noodzaak om de waterhuishouding te verbeteren.*

NB: er is hier geen sprake van een achtergrondbelasting van een natuurlijke oorsprong, maar van een nutriëntenprobleem dat veroorzaakt is door menselijk handelen, met name door ontginning, ontwatering en bemesting. Deze activiteiten zijn het gevolg van menselijk handelen en van de functie of bestemming van het gebied. De nutriënten zijn van nature deels aanwezig in de bodem, ondiep zowel als diep, maar komen aldus *door menselijk handelen* in het oppervlaktewater terecht.

TABEL 13

RELATIEVE BIJDRAGE VAN N- EN P-BRONNEN AAN DE BELASTING VAN HET OPPERVLAKTEWATER IN DE VLIETPOLDER (%), VERDEELD OVER DE WINTER- EN ZOMERSITUATIE, VOOR DE PERIODE JANUARI 2000-MAART 2003

Bron	N	P	N	P
	Winter	Winter	Zomer	Zomer
Atmosferische depositie	3-4	<1	10-15	<5
Inlaatwater	0-3	0-4	10-20	30-35
Meststoffen landbouw	20-40	20-45	15-30	25-40
Afbraak organisch materiaal, incl. veen	10-30	10-25	10-20	10-15
Veenwater*	35-45	30-40	20-40	25-50

*: gedefinieerd hier als grondwater van beneden de ontwaterde laag van maximaal 2 m dikte. Dit grondwater heeft een duidelijk afwijkende chemische samenstelling t.o.v. water in de ontwaterde laag.

Voor de eutrofiëring van het polderwater zijn met name de nutriëntenconcentraties van belang, terwijl voor de belasting van het boezemwater met name de nutriëntenvrachten van belang zijn. De onderlinge verhouding tussen de bronnen zijn voor beide processen niet gelijk. De eutrofiëring van het oppervlaktewater vindt met name plaats in de zomer (aanvoersituatie), terwijl de grootste vrachten plaatsvinden gedurende de winter (afvoersituatie) (Figuur 17).

4.4 REPRESENTATIVITEIT VAN DE VLIETPOLDER VOOR ANDERE VEENPOLDERS IN NEDERLAND

Qua geologie en hydrologie is de Vlietpolder representatief voor de veenweidepolders in de nabijheid van de kust, dit laatste vanwege de aanwezigheid van mariene invloeden. De N concentraties in het grondwater zijn enigszins hoger dan in andere veenweidepolders, wat mogelijk veroorzaakt wordt door intensievere bemesting (Fraters, 2004). De concentraties DON (organische opgelost N) en DOP (organisch opgelost P) zijn in de Vlietpolder duidelijk hoger dan in andere veenweidepolders. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het soort veen en het feit dat het veen in de Vlietpolder op de bemonsteringsdiepte van het ondiepe grondwater (0,5-1,5 m-m.v.) nog relatief intact, want weinig veraard is (Kalbitz en Geyer, 2002).

5

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN



DE PROEFSLOOT IN JUNI (LINKS) EN IN SEPTEMBER (RECHTS) 2001

De nutriënten in het oppervlaktewater van de Vlietpolder zijn afkomstig van verschillende bronnen, te weten bemesting, afbraak van veen, veenwater, atmosferische depositie en inlaatwater. De hydrologische situatie in de polder is hierop zodanig van invloed dat hiervan geen jaargemiddeld beeld bestaat. In een veenweidepolder kan de water- en nutriëntenhuishouding pas goed worden beschreven en geanalyseerd als de wateraanvoersituatie wordt gescheiden van de waterafvoersituatie. Een jaargemiddelde hydrologische toestand bestaat niet. Dit is te illustreren met het voorbeeld van het relatieve aandeel van P in inlaatwater in het totaal van P-bronnen. Jaargemiddeld bedraagt deze ongeveer 8%. In de zomersituatie loopt het aandeel op tot 30-35%, waarbij juist in de zomer de MTR-norm voor P in open water geldt. Op jaarbasis zou tot de conclusie gekomen kunnen worden dat inlaat-

water als P-bron gering van omvang is en geen maatregel behoeft, terwijl in de werkelijkheid in de zomer, wanneer het inlaatwater specifiek ertoe doet, de invloed vergelijkbaar is met die van bemesting en afbraak van organisch materiaal. Om te komen tot geschikte maatregelen is aldus een onderscheid naar hydrologische situatie onontbeerlijk.

Veenwater en afbraak van organisch materiaal aan de ene kant en meststoffen uit de landbouw aan de andere kant zijn belangrijke bronnen, naast inlaatwater specifiek in de aanvoersituatie. Tussen de verschillende bronnen bestaan interacties. Daarom moeten maatregelen om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater te beperken en de waterkwaliteit lokaal en regionaal te verbeteren, integraal van karakter zijn, om afwenteling naar andere bronnen te voorkomen. Verbetering van de waterkwaliteit in de zomer en vermindering van de belasting van de boezem lijken haalbaar, maar grootscheepse verbeteringen respectievelijk grote reducties lijken niet realistisch nu. De huidige inrichting van land en water in combinatie met bodemeigenschappen zijn hier debet aan.

Gegeven de huidige omstandigheden van landbouw en ontwatering komen de grenzen van de haalbare waterkwaliteit in beeld. Zowel tijdens de wateraanvoersituatie in de Vlietpolder als voor de afvoersituatie naar de boezem is waarschijnlijk een verbetering mogelijk. Vergeleken met de huidige situatie wordt ingeschat dat de huidige landbouw nog terug kan gaan in bemestingsniveau en aanpassing van het tijdstip ter voorkoming van afspoeling. Ook maatregelen op het gebied van peilbeheer, geoptimaliseerd t.o.v. de huidige situatie, bieden mogelijkheden. Een kwantitatieve onderbouwing hiervan moet nog plaatsvinden in de voorbereiding op een vervolg van het project (fase II).

Op basis van de resultaten van fase I anno juni 2004, wordt er momenteel ingeschat dat er winst kan worden behaald in de reductie van de belasting van het open water. Zo'n 10-15% reductie van de N- en P-belasting van polderwater lijkt haalbaar. De belasting van de boezem blijft ook na deze reductie nog steeds op het huidige niveau. In de zomer lijkt het haalbaar dat de sloten in de Vlietpolder ecologisch gezond worden en dat ze qua ecologische beoordeling van voldoende kwaliteit naar een goede kwaliteit gaan. Hierbij worden de chemische MTR-normen voor N en P niet de gehele zomer gehaald, wellicht gedurende 1 á 3 maanden wel. Met name P komt boven de MTR-norm uit. Voor een meer drastische verbetering van de waterkwaliteit, en dan met name een grotere reductie van de belasting van de boezem, zijn vergaande en ingrijpende maatregelen nodig in landbouwkundig opzicht en op het gebied van waterbeheer. Dit heeft consequenties voor de bepaling van haalbare doelstellingen voor N en P en voor de ecologie van water in veenweidegebieden binnen de EU Kaderrichtlijn Water. De economische gevolgen voor de melkveehouderij spelen hierbij ook een rol.

LANDBOUW

Qua bedrijfsoverschotten van N en P was de Vlietpolder redelijk homogeen, maar binnen bedrijven werden grote verschillen gevonden in N en P overschotten op perceelsniveau. Dit heeft mogelijk gevolgen wanneer nutriëntverliezen worden gerelateerd aan gegevens op bedrijfsniveau. Een voorbeeldberekening waarin N uitspoeling wordt gerelateerd aan N overschot op bedrijfsniveau laat zien dat N uitspoeling 45% onderschat kan worden wanneer gegevens op bedrijfsniveau worden gebruikt in plaats van op perceelsniveau. De verliezen, dan wel overschotten, op de bedrijfsbalansen voor N en P zijn afgenomen in de tijd en voldoen aan MINAS 2003. Deze verliezen en verliesnormen zijn echter niet klein genoeg om de belasting van het oppervlaktewater voldoende terug te dringen.

Mede hierdoor blijven de sloten in de Vlietpolder voedselrijk en de belasting van de boezem door de polder hoog.

DENITRIFICATIE

In het Veenweideproject zijn hogere denitrificatieverliezen gemeten op landbouwgronden dan tot nu toe gerapporteerd in de internationale literatuur. Dit komt omdat in veen- gronden de omstandigheden voor denitrificatie zeer gunstig zijn. De omvang van de denitrificatieverliezen wordt bepaald door het nitraatgehalte van de grond en niet door de grondwaterstand. Ongeveer 70% van de denitrificatieverliezen wordt gevormd in lagen dieper dan 0,2 m beneden maaiveld.

VEENBODEM EN BAGGER EEN INTERNE BRON VOOR INTERNE EUTROFIËRING

Met baggeren wordt FeS_x aan de oppervlakte gebracht. Er zijn aanwijzingen gevonden dat baggeren een bijdrage kan leveren aan de interne eutrofiëring. Deze hypothese plaatst een kanttekening bij de effectiviteit van 1) het reduceren van inlaatwater om eutrofiëring te bestrijden en 2) het bevorderen van baggeren om nutriënten her te gebruiken. Echter, door de hoeveelheid inlaatwater te reduceren, wordt een directe bron van N en P aangepakt. Deze reductie vindt met name plaats in de zomer, wanneer deze bron er ook echt toe doet. Hiermee wordt ook de indirecte invloed van gebiedsvreemd water kleiner. Baggeren vergroot de waterdiepte en is hiermee een kansrijke maatregel voor lokaal gezonder slootwater. Het lijkt een goede optie voor de waterkwaliteit om bagger niet op de kant te zetten maar te verspreiden over het perceel.

HET LOT VAN HET OVERSCHOT AAN MESTSTOFFEN

De verdeling van het N-overschot op bedrijfsniveau in de Vlietpolder is gemiddeld voor de periode 1999-2002 78% denitrificatie, 2% uitspoeling naar het diepere grondwater, 5% NH_3 vervluchtiging en 15% belasting naar het oppervlaktewater via af- en uitspoeling. Het P-overschot leidt voor een deel van 15% tot de belasting van het oppervlaktewater. Zo'n 85% wordt opgenomen in de bodemvoorraad door binding, met name in de toplaag van de grond. Elke 1 kg minder overschot aan N-meststoffen draagt maximaal 0,15 kg N bij aan de reductie van de belasting van de sloten. Op basis van het P-overschot geldt dit voor P ook, maar daar speelt de berging in de bodem nog een rol. Hierdoor is het effect van minder P-bemesting op de af- en uitspoeling waarschijnlijk minder groot vergeleken met N.

De bovengrond i.c. de laag tot 0,1 m-m.v. bevat veel P, waardoor de P-concentratie in de bodemoplossing relatief hoog is. In de overige lagen is P verzadiging nog niet bereikt. De P voorraad in de bodem is groter dan 3000 kg/ha P in de bovenste 0,75 m. Een afname van de P-concentratie in de bodemoplossing en vervolgens in het oppervlaktewater in de nabije toekomst lijkt niet snel en gemakkelijk haalbaar. De P-overschotten op bedrijfs- en perceelsniveau zijn nog steeds positief, de opbouw van de P-voorraad gaat aldus door. Circa 5% van de totale P voorraad in de bodem van de Vlietpolder is reversibel gebonden (>150 kg P). Dit deel kan in principe weer in de bodemoplossing komen. Het restant is slecht reversibel gebonden en kan pas na zeer lange desorptietijden weer in oplossing komen. Maatregelen die leiden tot een geringere P-belasting van het oppervlaktewater liggen op het vlak van de reductie van de hoeveelheid inlaatwater in de zomer en van de bemesting. Het precieze effect van peilbeheer in bepaalde delen van het jaar om de invloed van het veenwater te beperken moet nader worden onderzocht, mogelijkheden lijken er te zijn in voor- en najaar. Een grotere waterdiepte van de watergangen in de zomersituatie bij gelijke belasting van het open water is gunstig voor de samenstelling van het slootwater.

HYDROLOGIE

De waterhuishouding van de polder is goed in beeld gebracht omdat de waterbalans bijna sluitend is gemaakt en de analyse van de stroming van het neerslagoverschot ondersteund wordt door de samenstelling van de bodemoplossing. De hydrologie wordt gekenschetst door een geringe wegzijging naar het diepe grondwater, door oppervlakkige afvoer en door korte en ondiepe stroombanen van het neerslagoverschot in de bodem op weg naar de sloot. De ontwatering van de veenbodem en de hoeveelheid en samenstelling van het inlaatwater speelt een belangrijke rol op het gebied van de nutriënten. De landbouwfunctie van de polder vraagt om ontwatering en peilbeheer, uitgevoerd door de waterbeheerder. De landbouw heeft op die manier invloed op de belasting van het slootwater met N en P via een direct spoor, de meststoffen, als ook indirect via het gevoerde waterbeheer, dat de functie van het land dient. Het waterbeheer kan zeker verder geoptimaliseerd worden, maar de grenzen aan de verbetering van de waterkwaliteit hierdoor lijken in zicht. Het onderhoud van watergangen, bodems en oevers, verdient meer aandacht dan nu het geval is. Dit leidt in de zomer tot ecologisch gezondere sloten in de polder, niet persé tot een geringere belasting van de boezem met N en P.

Aldus kan geconcludeerd worden dat de hydrologie en de landbouwfunctie van de polder samen de twee belangrijkste pijlers vormen van de nutriëntenproblematiek. De waterbeheerder zal de integrale afweging van belangen moeten maken tussen bijvoorbeeld de veehouders en hun bedrijfseconomie op lokale polderschaal en de belasting van de regionale wateren met N en P vanuit veenweidepolders. De boer en de waterbeheerder zullen het probleem aldus alleen samen kunnen oppakken. De effecten zijn pas duidelijk en binnen een aantal jaren meetbaar als de maatregelen ambitieus zijn. Hierbij speelt de motivatie van de betrokkenen om verder te gaan een belangrijke rol.

6

START EN OPZET VAN FASE II

De kwaliteitsnormen voor het oppervlaktewater worden in veel veenweidepolders overschreden. Om te voldoen aan de normen kunnen aanvoervrachten verminderd worden (brongerichte maatregelen) of kunnen effecten verminderd worden (effectgerichte maatregelen). In veel veenweidepolders kent de nutriëntenproblematiek 2 aspecten, namelijk eutrofiëring van het polderwater en overmatige belasting van het boezemwater, een vorm van afwenteling. Reductie van de effecten van eutrofiëring in het polderwater zal niet persé leiden tot een verminderde belasting van het boezemwater. Maatregelen om de oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren zullen daarom gezocht moeten worden in de reductie van nutriëntenverliezen naar het open water, naast lokale maatregelen op het niveau van de polder. Een brongerichte aanpak wordt voorgesteld. Hierbij is het van belang dat de motivatie van de betrokken actoren in eerste instantie zelf c.q. vanuit Rijnland ter hand genomen wordt, om het gebiedsgerichte aanvullende beleid vorm te geven.

Het Veenweideproject geeft handvatten om de effectiviteit van maatregelen in te schatten. In dit hoofdstuk wordt een kwalitatieve analyse gemaakt van een aantal maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater te verminderen. Van elke bron wordt de potentiële reductie berekend dan wel ingeschat op basis van 'expert judgement' en vervolgens wordt aangegeven in hoeverre de maatregel inpasbaar is in het huidige beheer van de veenweidepolder. Dit hoofdstuk en het rapport wordt afgesloten met een haalbaarheidsanalyse van het optreden van een duidelijk meetbare verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit in de Vlietpolder, binnen een redelijke tijd van bijvoorbeeld 5 jaar.

Met nadruk wordt gesteld dat de hierna volgende opzet een voorbeeld is en niet reeds in overleg met alle betrokkenen is bediscussieerd. Er is nog geen draagvlak voor de voorgestelde maatregelen. In dit stadium is het een exercitie om gevoel voor de orde van grootte te krijgen van effecten van mogelijke maatregelen.

De eerste manier van het analyseren van de haalbaarheid heeft als basis het landgebruik en de processen die de belasting van het oppervlaktewater bepalen. De route via de bodem naar het open water wordt gevolgd.

Reductie bemesting Van het N overschot op bedrijfsniveau wordt bijna 80% gedenitrificeerd. Hieruit blijkt dat een reductie van het landbouwkundig overschot in de Vlietpolder met name zal leiden tot een vermindering van de gasvormige verliezen. Deze veronderstelling wordt onderbouwd door de sterke relatie tussen denitrificatie en nitraatgehalte van de bodem. Een reductie van de nutriëntenaanvoer door bemesting zal dus voornamelijk resulteren in een reductie van de gasvormige verliezen voor N. Desalniettemin zal een klein deel van de reductie van bemesting ten goede komen aan een vermindering van de uitspoelingsverliezen. Dit kan echter nooit meer zijn dan de

	<p>huidige fractie van het overschot dat af- en uitspoelt. Aangenomen wordt dat een reductie van de bemesting voor 10% ten goede komt aan de reductie van uitspoeling en de belasting van het open water, zowel voor N als voor P.</p>
Reductie inlaatwater	<p>Via inlaatwater wordt jaarlijks zo'n 2 kg/ha N en 1 kg/ha P aangevoerd. Door minder water meer in te laten vallen deze posten grotendeels volledig weg. Een reductie van de interne eutrofiëring door middel van SO₄ wordt ook verwacht. Deze maatregel heeft geen gevolgen voor de landbouwkundige productie. Punt van aandacht is dat de vermindering van de hoeveelheid inlaatwater gepaard moet gaan met het op diepte brengen van sloten aan de ene kant, en definitie van een minimum (zomer)peil aan de andere kant. Als de slootwaterstand duidelijk veel lager komt dan momenteel het geval is bestaat de kans dat de afbraak van organisch materiaal toeneemt.</p>
Vaker baggeren	<p>Door te baggeren wordt zo'n 100 kg/ha N en 10 kg/ha P verwijderd uit de sloot. Een deel hiervan zal bestaan uit "veenwater" en kan niet beschouwd worden als het "terughalen van nutriënten". Aangenomen wordt dat 10% van de baggervracht afkomstig is van eerder uitgespoelde nutriënten.</p>
Peilverhoging zomer	<p>In de zomer leidt een hogere grondwaterstand tot een reductie van de mineralisatie van veen. Volgens (Hendriks, 1991) leidt iedere centimeter peilverhoging tot circa 3,5 kg/ha/j N minder mineralisatie. Met een N:P verhouding voor veen in de Vlietpolder van 23:1 betekent dit voor P zo'n 0,15 kg/ha/j minder mineralisatie. Een hogere grondwaterstand leidt naar alle waarschijnlijkheid niet tot een grotere denitrificatie (§6.5). Indien een structurele peilverhoging in de zomer niet haalbaar is kan tenminste overwogen worden de afvoer van neerslagoverschot in de zomer, bijv. na een zware regenbui, van de polder naar de boezem te minimaliseren door dit water in de polder vast te houden. Tijdelijk hogere slootpeilen zijn dan het gevolg.</p>
Peilverhoging winter	<p>In de winter leidt een hogere slootwaterstand waarschijnlijk tot een reductie van de invloed van het veenwater (§4.4). Deze post is vrij onzeker, maar een reductiepotentieel van 10% wordt haalbaar geacht.</p>

Voor een zestal scenario's zijn de effecten op de oppervlaktewaterbelasting berekend voor N (Tabel 12) en voor P (Tabel 13). De volgende scenario's zijn geanalyseerd:

- 1 reductie bemesting,
- 2 reductie inlaatwater,
- 3 vaker baggeren,
- 4 0,1 m peilverhoging 's zomers,
- 5 0,2 m peilverhoging 's zomers en
- 6 peilverhoging 's winters.

Om deze scenario's te analyseren zijn de volgende gegevens gebruikt. De bemesting bedraagt 452 kg/ha/j N en 41 kg/ha/j P (kunstmest + weidemest + drijfmest). Hiervan spoelt 3% voor N en 0.4% voor P uit (§4.2, 4.4). Bemesting vormt ruim 40% van de oppervlaktewaterbelasting voor N en 15% voor P (§4.4). De mineralisatie bedraagt 263 kg/ha/j N en 11 kg/ha/j P. Hiervan spoelt 3% voor N en 0.4% voor P uit. Mineralisatie van organische stof

draagt 25% voor N en 4% voor P bij aan de oppervlaktewaterbelasting. Veenwater, atmosferische depositie en inlaatwater zijn verantwoordelijk voor respectievelijk 21%, 8% en 4% van de N belasting van het oppervlaktewater en voor respectievelijk 76%, <1% en 6% van de P belasting van het oppervlaktewater.

Volgens Van Beek et al. (2004) blijkt dat er een maximale reductie van de N- en P-belasting van 10-15% mogelijk is in de Vlietpolder. Een reductie van deze omvang is waarschijnlijk meetbaar in het veld en vergt een gedegen meetprogramma. Wat deze reductie in ecologische termen oplevert, hoeveel de kosten zijn en hoe de risico's liggen voor melkveehouder en waterbeheerder is momenteel onbekend en onderdeel van een plan van aanpak voor een fase II van het Veenweideproject. Naast bovengenoemde maatregelen zijn er ook nog maatregelen die moeilijk kwantitatief uitgedrukt kunnen worden, maar naar alle waarschijnlijk wel leiden tot een verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit, zoals bijvoorbeeld het tijdstip en de methode van bemesting en greppelbeheer. Maatregelen ter bestrijding van oppervlakkige afvoer zijn zeker zinvol, gegeven het relatieve belang in de N- en P-belasting door deze afvoeroute van water en stoffen richting de sloten. Indien deze maatregelen ook mee worden genomen is waarschijnlijk een reductie tussen de 15 en 20% haalbaar. Echter, door interacties tussen maatregelen kunnen effecten ook de andere kant op werken. In §4.3 werd gedemonstreerd dat baggeren mogelijk kan leiden tot $\text{SO}_4\text{-P}$ interacties, welke kunnen resulteren in verhoogde P concentraties in het oppervlaktewater. Dit effect is niet meegenomen in de analyses van Tabel 13.

Een tweede manier van analyseren van de haalbaarheid is die met de bril op van de waterbeheerder, redenerend vanuit de sloot. Hierbij zijn twee zaken steeds relevant:

- het bereiken van een betere ecologische beoordeling van de lokale wateren in de Vlietpolder dan nu,
- een reductie van de belasting van de boezem door de polder.

De N- en P-belasting van de sloten in de Vlietpolder speelt naast het waterbeheer en het onderhoud van de watergangen een rol. Uit de analyse blijkt grofweg dat het mogelijk is de ecologische kwaliteit van de sloten in de polder binnen 5 jaar zo te verbeteren, dat 50% van de watergangen één STOWA-klasse beter scoort dan momenteel. Maatregelen hiervoor zijn het realiseren van een grotere waterdiepte door meer en beter te baggeren, het minimaliseren van de hoeveelheid inlaatwater en een lager bemestingsniveau. De reductie van de belasting van de boezem is lastiger te realiseren. Voor zowel N en P kan de belasting zo'n 15% terug. Het kwantitatieve effect op de invloed van het veenwater onder een ander waterbeheer is het meest onduidelijk. Enige winst lijkt hier wel te boeken, en dat moet ook wel gegeven deze bron, maar hoeveel precies is onzeker. Als er winst is te behalen wordt de waterkwaliteit er zeker en naar verwachting snel beter van.

De conclusie is dat het technisch haalbaar lijkt een meetbaar betere waterkwaliteit te realiseren. Het wordt dan ook aanbevolen een plan van aanpak voor een fase II van het Veenweideproject op te stellen, in overleg met de betrokken veehouders. Het zal ook van hen afhangen of en hoe een fase II daadwerkelijk zal worden gestart. Beide methodes dienen nader uitgewerkt en zover mogelijk gekwantificeerd te worden vóór de start van een vervolgfase. Ook zullen er SMART doelstellingen voor de waterkwaliteit en de belasting van oppervlaktewater verwoord moeten worden. Hiertoe dient de invloed van de weersomstandigheden op de belasting van het slootwater met N en P in beeld gebracht te worden.

De bedrijfsvoering van de veehouders wordt mogelijk direct met taakstellende maatregelen geconfronteerd en bedrijfsrisico's zullen toenemen.

Een fase II heeft bij voorkeur plaats in de Vlietpolder omdat de uitgangssituatie goed bekend is. Daarnaast echter biedt fase I voldoende aanknopingspunten om alle veehouders in veenweidepolders binnen Rijnland en erbuiten te voorzien van informatie en kennis die hen in staat stelt de ervaringen van de veehouders in en om de Vlietpolder te delen en over te nemen. Rijnland als waterbeheerder speelt hierin een belangrijke rol, en het water kan er beter van worden. Het is wenselijk een twee sporenaanpak te gaan bewandelen: één dat gericht is op de Vlietpolder in de vorm van een project en een tweede in de vorm van beleidsaanbevelingen, gebiedsgericht en aanvullend, zoals we die nu kunnen definiëren voor waterbeheer en melkveehouderij in het veenweidegebied van Rijnland en erbuiten ('gewoon doen'). De ervaringen in en van andere projecten in Nederland op het gebied van waterbeheer-melkveehouderij-veengrond zullen hierin meegenomen worden.

Om de waterkwaliteit in veenweidegebieden te verbeteren aan de ene kant en de belasting van de boezem aan de andere kant te reduceren moet er een combinatie gemaakt worden van:

- *maatregelen* voor bemesting (niveau en tijdstip),
- de *ontwatering* van de percelen (peilbeheer) en in mindere mate
- het *inlaatbeheer* (waterbeheer).

Deze parallelle sporen zijn *voorwaarden-scheppend* voor biologisch gezond water. Er zal sprake zijn van een *´achtergrond´-belasting* van oppervlaktewater in veenweidegebieden door menselijk handelen omdat de afbraak van veen niet helemaal gestopt kan worden én er invloed is van *veenwater*. Deze belasting levert de ondergrens op van de belasting van het water met nutriënten in de zin van welke samenstelling haalbaar is. De achtergrondbelasting is niet natuurlijk maar het gevolg van menselijk handelen, te weten:

- ontginning,
- ontwatering en
- bemesting.

De *inrichting en het beheer* van oevers en watergangen zorgen samen met de verminderde belasting uiteindelijk voor een *´gezonde sloot´*. Deze verminderde belasting kan tot stand komen door een reductie van het absolute bemestingsniveau door de landbouw (netto belasting perceel omlaag) en aanpassing van het tijdstip van bemesting (kans op afspoeling verminderen). Ook kan de ontwatering aangepast worden, zodat er minder veenwater (in)direct uittreedt en de afbraak van veen vermindert. Tenslotte kan de interne eutrofiëring beperkt worden door aanpassing van de ontwatering en een ander inlaatbeheer. Hierna kan de inrichting en het beheer van het watersysteem afgestemd worden op de realisatie van een *´gezonde sloot´*. Deze zaken zullen ter voorbereiding van fase II uitgezocht en concreet gemaakt moeten worden.

Zowel fase I als fase II zijn zeer relevant voor discussies en keuzes zoals die momenteel binnen de Europese Kaderrichtlijn Water (EU KRW) aan de orde zijn. Haalbare doelstellingen, zowel chemisch voor N en P als ook ecologisch, op basis van systeemkennis en -eigenschappen, alsmede het kennen van mogelijkheden en onmogelijkheden om deze doelstellingen te bereiken zijn mede bepalend voor de insteek van de waterbeheerder in dat proces. De resultaten van fase I geven een basis hiervoor. Ook voor het Waterbeheersplan-

2006 van Rijnland, op te stellen in de eerste jaren van het nieuwe all-in waterschap, zijn de resultaten relevant. Ondertussen kunnen de ervaringen van dit project uitgedragen worden naar de provincies Noord- en Zuid-Holland, die bezig zijn met de voorbereiding van nieuwe waterhuishoudingsplannen.

De vraag rijst nu: de waterkwaliteit in de onderzochte polder is nu zus en zo, maar kan die zich verder ontwikkelen en zo ja, hoe? De verbetering moet opgesplitst worden over twee *parallele* sporen:

- verbetering van met name ecologische waterkwaliteit in veenweidepolders in de zomer (aanvoersituatie),
- reductie van de belasting van de boezem met stikstof, fosfor en eventueel sulfaat in de winter (afvoersituatie).

De nutriëntenhuishouding van de Vlietpolder is complex. Er is sprake van een atmosferische belasting van de polder (droog en nat) en vice versa. Er verdwijnt ammoniakgas, lachgas en stikstof vanuit de polder naar de lucht. Er is inlaat van water en afvoer via een gemaal. Melkveehouders kopen vee en kunstmest en voeren melkproducten af. Er hopen zich meststoffen op in de bodem en door afbraak van veen komen er meststoffen in het bodemwater terecht. Eenmaal in het water terechtgekomen kunnen nutriënten het lokale polderwater verlaten via het gemaal maar komen dan in de boezem terecht. N kan daarnaast uit het open water naar de lucht verdwijnen, P vastgelegd worden in de slootbagger. Waterplanten doen hun best nutriënten op te nemen maar sterven na verloop van tijd ook weer af. Kortom: een complexe en interessante materie die om een heldere aanpak vraagt teneinde de waterkwaliteit te verbeteren.

7

REFERENTIES

- Barendregt, A., 1993. Hydro-ecology of the Dutch polder landscape, University of Utrecht, Utrecht, 200 pp.
- Barton, L., McLay, C.D.A., Schipper, L.A. en Smith, C.T., 1999. Annual denitrification rates in agricultural en forest soils: a review. *Aust. J. Soil. Res.* 37, 1073-1093.
- Beltman, B., Rouwenhorst, T., van Kerkhoven, M., van der Krift, T. en Verhoeven, J., 2000. Internal eutrophication in peat soil through competition between chloride en sulphate with phosphate for binding sites. *Biogeochemistry* 50, 183-194.
- Breeuwsma, A., van Wallenburg, C. en van Wijck, H., 1985. Bodemverzuring door slootbagger in relatie tot bodemgesteldheid en waterkwaliteit. *Cultuurtechnisch tijdschrift* 25(2), 153-160.
- Bush, T.R. en Sullivan, L.A., 1999. Pyrite micromorphology in three Australian Holocene sediments. *Aust. J. Soil. Res.* 37, 637-653.
- Colijn, F., Uyterlinde, R. en Kroes, H.W., 1993. Wetlands policy of the Dutch government - failure or succes. *Hydrobiologia* 265(1-3), 321-328.
- De Klein, J. en Gillissen, F., 2003. Meting van denitrificatie in een veenweidesloot in de Vlietpolder. m327, Wageningen Universiteit, Leerstoelgroep Aquatische Ecologie en Watrekwaliteitsbeheer, Wageningen.
- Fraters, B., 2004. Kwaliteit van het bovenste grondwater in de Vlietpolder vergeleken met die bij landbouwbedrijven in de veengebieden, RIVM, Bilthoven.
- Heathwaite, A.L., 1991. Solute transfer from drained fen peat. *Water, Air and Soil Pollution* 55, 379-395.
- Hendriks, R., 1991. Afbraak en mineralisatie van veen. 199, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Hendriks, R.F.A., 2003. Bemesting hoofdoorzaak van eutrofe veensloten? *H2O* 11, 33-36.
- Hoogheemraadschap van Rijnland en DHV, 2000. Snel beoordelingssysteem voor ecologische kwaliteit van kleine wateren. Leiden, 2000.
- Kalbitz, K. en Geyer, S., 2002. Different effects of peat degradation on dissolved organic carbon en nitrogen. *Organic Geochemistry* 33, 319-326.
- Kirkham, F. and Wilkins R., 1993. Seasonal fluctuations in the mineral nitrogen content of an undrained wetland peat soil following differing rates of fertiliser nitrogen application. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 43, 11-29.
- Klapwijk, S.P., 1988. Eutrophication of surface waters in the Dutch polder landscape. PhD Thesis, Technical University Delft, 227 pp.
- Leenders, W.H., 1999. Een bodemkundig-hydrologische inventarisatie van de Vlietpolder. 693, Staring Centrum, Wageningen.

- Meerkerk, B. en L. Brouwer (2004): Veenweideproject en effecten bij veehouders. DLV Rundvee Advies.
- Meinardi, C.R., 1994. Groundwater recharge and travel times in the sandy regions of the Netherlands.
- Meinardi, C.R., 2004. De stroming van water en stoffen door de bodem naar de sloten in de Vlietpolder. in prep., RIVM, Bilthoven.
- Michielsen, B. en F.H. van Schaik, 2004. Veenweideproject: stofstromen van en naar het oppervlaktewater in de Vlietpolder, Hoogheemraadschap van Rijnland, Leiden.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1997. Vierde Nota Waterhuishouding.
- Plette, A.C.C., Verstappen, G.G.C. and Boers, P.C.M., 2002. Mest en oppervlaktewater; Een terugblik. 2002.019, RIZA.
- Roest, C. en Groenendijk, P., 1994. De weg naar een schone toekomst. In: J. Schoute, L. Berg van den, H. Farjon en J. Steenvoorden (Editors), Waarheen met het landelijk gebied? Samsom HD Tjeenk Willink, Wageningen, pp. 117-138.
- Smolders, A.J.P. en Roelofs, J.G.M., 1995. Internal eutrophication, iron limitation en sulfide accumulation due to the inlet of river Rhine water in peaty shallow waters in The Netherlands. *Archiv fur Hydrobiologie* 133(3), 349-365.
- STOWA, 1993. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor sloten op basis van macrofyten, macrofauna en epifytische diatomeeën . Utrecht, 1993.
- Terwan, P., 1988. Landbouw en natuur in veenweidegebieden, CLM, Utrecht.
- Van Beek, C.L., 2004. The contribution of agriculture to N en P loading of surface water in grassland on peat soil.
- Van Beek, C.L., Brouwer, L. en Oenema, O., 2003a. The use of farmgate balances en soil surface balances as estimator for nitrogen leaching to surface water. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 67, 233-244.
- Van Beek, C.L., Eertwegh van den, G.A.P.H., Schaik van, F.H. en Toorn van den, A., 2003b. Surface runoff from intensively managed grassland on peat soils; a diffuse source of nitrogen en phosphorus in surface waters, Diffuse input of chemicals into soil en groundwater, Dresden, Germany, pp. 9-17.
- Van Beek, C.L., Hummelink, E.W.J., Velthof, G.L. en Oenema, O., 2003c. Nitrogen losses through denitrification form an intensively managed grassland on peat soil. Submitted to *Biology en Fertility of Soils*.
- Van Beek, C.L., Schuurmans, W. en Schoumans, O.F., 2003d. P sorption- en desorption characteristics of samples of the Vlietpolder, Alterra, Wageningen.
- Van Breemen, N., Boyer, E.W., Goodale, C.L., Jaworski, N.A., Paustian, K., Seitzinger, S.P., Lajtha, K., Mayer, B., van Dam, D., Howarth, R.W., Nadelhoffer, K.J., Eve, M. en Billen, G., 2002. Where did all the nitrogen go? Fate of nitrogen inputs to large watershed in the northeastern U.S.A. *Biogeochemistry* 57/58, 267-293.
- Van den Eertwegh, G.A.P.H., 2002. Water and nutrient budgets af field and regional scale. Travel times of drainage water and nutrient loads to surface water.
- Van den Eertwegh, G.A.P.H., Kroes, J.G., Smit, A. and van Schaik, F.H., 2003. Peilbeheer met FIW Multi-SWAP. *H₂O* 20, 28-31.
- Van der Grift, B., 2003. Samenstelling grondwater Vlietpolder, TNO, Utrecht.

- Van Huet, H.J.W.J., 1991. Phosphorus loads from peaty polders in the SW Frisian lake district, The Netherlands Water, Air and Soil Pollution 55, 321-335.
- Van der Kolk, J.W.H. en Hendriks, R.F.A., 1995. Prediction of effects of measures to reduce eutrophication in surface water in rural areas - a case study. Wat. Sci. Tech. 31(8), 155-158.
- Van Liere, L., Janse, J.H., Jeuken, M., van Puijenbroek, P.J.T.M., Schoumans, O.F., Hendriks, R.F.A., Roelsma, J. en Jonkers, D.A., 2002. Effect of nutrient loading on surface water in polder Bergambacht, The Netherlands. In: J.H.A.M. Steenvoorden, F. Claessen en J. Willems (Editors), Agricultural effects on ground en surface waters: research at the edge of science en society. IAHS, Wageningen, pp. 213-218.
- Van Schaik, F.H., 2004, Kwaliteit van het ondiepe grondwater, greppelwater en afspoeling, Hoogheemraadschap van Rijnland.
- Van Schaik, F.H., van Beek, C.L. en van Houwelingen, K.M., 2003. Waterbodem en baggerproef in de Vlietpolder, Hoogheemraadschap van Rijnland, Leiden.
- Velthof, G. en Oenema, O. en Nelemans, J.A., 2000. Vergelijking van indicatoren voor stikstofmineralisatie in bouwland. Meststoffen, 45-52
- Wassen, M.J. and Joosten, J.H.J., 1996. In search of a hydrological explanation for vegetation changes along a fen gradient in the Biebrza Upper Basin (Poland). Vegetatio 124(2), 191-209.
- Waterschap De Oude Rijnstromen 2001, Peilbesluit Vlietpolder, toelichting op ontwerp
- Velthof, G.L., Oenema, O. and Nelemans, J.A., 2000. Vergelijking van indicatoren voor stikstofmineralisatie in bouwland. Meststoffen, 45-52.
- Werkgroep HELP tabel, 1987. De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Mededelingen Landinrichtingsdienst No. 176.

8

BIJLAGEN

8.1 PUBLICATIES VEENWEIDEPROJECT FASE I

De resultaten uit het Veenweideproject zijn gepubliceerd in:

- 1 Beek van, C.L. en Oenema, O., 2002. Nutriëntenbalansen in de Vlietpolder in het jaar 1999. 482, Alterra, Wageningen.
- 2 Beek van, C.L., van den Eertwegh, G.A.P.H., Brouwer, L. en Oenema, O., 2002. A comparison between farm gate balances en soil surface balances for 7 dairy farms in The Netherlands. In: IWA (Editor), 6th International Conference on Diffuse Pollution, Amsterdam.
- 3 Beek van, C.L., Eertwegh van den, G.A.P.H., Schaik van, F.H. en Toorn van den, A., 2003. Surface runoff from intensively managed grassland on peat soils; a diffuse source of nitrogen en phosphorus in surface waters, Diffuse input of chemicals into soil en groundwater, Dresden, Germany, pp. 9-17.
- 4 Beek van, C.L., Brouwer, L. en Oenema, O., 2003. The use of farmgate balances en soil surface balances as estimator for nitrogen leaching to surface water. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67:233-244.
- 5 Beek van, C.L., Hummelink, E.W.J., Velthof, G.L. en Oenema, O., 2003. Nitrogen losses through denitrification form an intensively managed grassland on peat soil. *Biology en Fertility of Soils*.
- 6 Beek van, C.L., Schuurmans, W. en Schoumans, O.F., 2004. P sorption- en desorption characteristics of samples of the Vlietpolder, Alterra, Wageningen.
- 7 Beek van, C.L., Schuurmans, W. en Schoumans, O.F., 2004. Fosfaatresorptie- en desorptiekenmerken van bodemmonsters, Alterra, Wageningen.
- 8 DLV Adviesgroep BV. 2000 Bedrijfsadvisering water- en nutriëntenhuishouding in het Veenweideproject 1999.
- 9 DLV Adviesgroep BV. 2001 Bedrijfsadvisering water- en nutriëntenhuishouding in het Veenweideproject 2000.
- 10 DLV Adviesgroep BV. 2002 Bedrijfsadvisering water- en nutriëntenhuishouding in het Veenweideproject 2001.
- 11 DLV Adviesgroep BV. 2003 Bedrijfsadvisering water- en nutriëntenhuishouding in het Veenweideproject 2002.
- 12 DLV Adviesgroep BV, 2004. Veenweideproject en effecten bij melkveehouders Vlietpolder.
- 13 Van Schaik, Oudendag, Dousma, 2004. Database rapport. Rijnland, Leiden.
- 14 Van Schaik, F.H., Hoogheemraadschap van Rijnland, 2004. Kwaliteit van het ondiepe grondwater, greppelwater en afspoeling.
- 15 Van Schaik, F.H., Hoogheemraadschap van Rijnland, 2004. Oppervlaktewaterkwaliteit Vlietpolder.
- 16 Van Schaik, F.H., Hoogheemraadschap van Rijnland, Beek van, C.L., Alterra, Houwelingen K.M. van, Praktijkboerderij Zegveld, 2003. Waterbodem en baggerproef in de Vlietpolder.
- 17 Michielsen, B.F., Schaik F.H. van, Hoogheemraadschap van Rijnland, 2004. Stofstromen van en naar het oppervlaktewater in de Vlietpolder

- 18 Fraters, D., RIVM, 2003. Kwaliteit van het bovenste grondwater in de Vlietpolder vergeleken met die bij landbouwbedrijven in de veengebieden.
- 19 Van der Grift, NITG-TNO, 2003. Samenstelling grondwater Vlietpolder
- 20 Meinardi, C.R., RIVM, 2004. Stromen van water en stoffen door de bodem en naar de sloten in de Vlietpolder

8.2 VEENWEIDEPROJECT FASE I EN DE MENSEN ERACHTER

De melkveehouders

Kees van Rijn
Ad van Mil
Dave van Santen
Henk van Rijn
Jan Disseldorp
Peter Mooren
Arno van der Meer
Sjaak Straathof
Gert-Jan Kroes
Jan Hoogeveen
Jan van der Salm
Arie Voorbij

Hoogheemraadschap van Rijnland

Frank van Schaik
Bruce Michielsen
Caroline Weber
Gé van den Eertwegh
Dini Olijerhoek
Gonny van Alewijk
René Pennings
Tejo Scholten
Ton van Schie
Fred Karemaker
Ria Roest
Uka Dijkstra-Stam
Theo de Groot
Gerard Zwarts
Liz van Duin
Josephine Weijers
Jeroen Filius

Waterschap De Oude Rijnstromen

Wulf Vaarkamp

Alterra

Christy van Beek
Oene Oenema
Antonie van der Toorn
Diti Oudendag
Freerk Dauwsma
Roel Dijkma

WUR

Jeroen de Klein
Wubbo Boiten
Anton Dommerholt

STOWA

Bas van der Wal
Michelle Talsma

Rijkswaterstaat RIZA

Sandra Plette
Govert Verstappen

Provincie Zuid-Holland

Boukelien Bos

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Edo Biewinga
Tibbe Breimer

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu

Douwe Jonkers
Trudy Crommentuijn

Praktijkcentrum Zegveld

Karel van Houwelingen
Joop Verheul

DLV Adviesgroep NV

Linda Brouwer
Luitzen Bakker
Barend Meerkerk
Marinus de Vries

NITG TNO

Bas van der Grift

RIVM

Dico Fraters
Kees Meinardi
Willem Willemse
Niels Masselink
Ruud Jeths

WLTO

Kees van Rijn

Nico van Alkemade

Joost Schaminée

Arcadis

Hans Aalderink

Reinder Toorenbeek

Projectgroep Bergambacht

Wim Twisk

Dienst Landelijk Gebied

Harm Janssen

Diverse studenten

Financiering van project

Ministerie van LNV

Ministerie van VROM

Rijkswaterstaat RIZA

STOWA

Provincie Zuid Holland (incl. GeBeVe-regeling)

WLTO

Rijnland