

32/1146/6556/1<sup>e</sup> ex

NM 31127,35<sup>1</sup> 1<sup>e</sup> ex.  
BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW

## Onderzoek naar de vermessing van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

Een literatuur- en bronnenonderzoek naar de huidige vermessingstoestand  
en de mogelijkheden om de vermessing terug te dringen

H.L. Boogaard  
R.F.A. Hendriks

Rapport 356



+10krt

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995

- 5 JAN. 1996

2.640

## REFERAAT

H.L. Boogaard en R.F.A. Hendriks, 1995. *Onderzoek naar de vermesting van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden; een literatuur- en bronnenonderzoek naar de huidige vermestingstoestand en de mogelijkheden om de vermesting terug te dringen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 356 181 blz.; 4 fig.; 39 tab.; 53 ref.; 11 aanh.; 18 bijl.

In het veenweidegebied de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) is de vermesting van de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater onderzocht. Verschillende maatregelen om de vermesting terug te dringen zijn bestudeerd op hun effecten op de stikstof- en fosforconcentraties in het freatisch grondwater en het oppervlaktewater. Het betrof een literatuur- en bronnenonderzoek. Het verminderen van de mestaanvoer en het wijzigen van de drooglegging zijn in de AV belangrijke maatregelen om de vermesting terug te dringen. De maatregelen kroos-verwijderen en baggeren zullen de fosforconcentratie in het oppervlaktewater waarschijnlijk verlagen. Voor stikstof zijn de effecten gering tot nihil.

Trefwoorden: afspoeling, bemesting, eutrofiëring, milieukwaliteit, nutriëntenbelasting, uitspoeling, veenweidegebied, waterkwaliteit

ISSN 0927-4499

©1995 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO) Postbus 125, 6700 AC Wageningen.  
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812.

DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw 'De Dorschkamp' (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

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

# Inhoud

	blz.
Woord vooraf	13
Samenvatting	15
1 Inleiding	19
1.1 Probleemstelling	19
1.2 Doelstelling	19
1.3 Werkwijze	20
1.4 Randvoorwaarden	20
1.5 Leeswijzer	21
2 Algemene gebiedsbeschrijving	23
2.1 Geografie	23
2.1.1 Ligging	23
2.1.2 Begrenzing	23
2.2 Landschap	24
2.3 Bodemgebruik	24
2.4 Geologie	25
2.4.1 Pleistoceen	25
2.4.2 Holoceen	25
2.5 Hydrogeologie	26
2.5.1 Afdekkend pakket	26
2.5.2 Eerste watervoerend pakket	26
2.6 Bodemgeografie	27
2.6.1 Stroomruggen	27
2.6.2 Kommen en kommen op veen	27
2.6.3 Veenkommen	27
2.6.4 Veenstroomruggen	28
2.6.5 Overslaggronden en donken	28
2.7 Bodemeenheden	28
2.7.1 Veengronden	28
2.7.2 Kleigronden	29
2.8 Waterhuishouding	29
2.9 Ruimtelijke plannen	30
3 Nadere uitwerking gebiedskenmerken	31
3.1 Indeling deelgebieden	31
3.2 Grondwaterstandsdiepte	32
3.2.1 Drooglegging	32
3.2.2 Berekening grondwaterstandsdiepten	33
3.2.3 Nauwkeurigheid berekende grondwaterstandsdiepten	33
3.3 Kwel en wegzijging	35
3.3.1 Stijghoogten eerste watervoerend pakket	36

3.3.2	Verticale weerstand	36
3.3.3	Kwel- en wegzijgingsintensiteit	37
3.3.4	Nauwkeurigheid berekende kwel- en wegzijgingsintensiteit	38
3.3.5	Invloed mogelijke uitbreiding/nieuwe drinkwaterwinningen	39
3.4	Stikstof- en fosforvrachten aangevoerd door kwel	40
3.4.1	Kwaliteit van het diepere grondwater	40
3.4.2	Stikstof- en fosforvrachten	41
3.4.3	Nauwkeurigheid berekende stikstof- en fosforvrachten	42
3.5	Bemestingsoverschot	43
3.6	Inlaat rivier- en boezemwater	44
3.6.1	Wateraanvoer	44
3.6.2	Hoeveelheden inlaatwater	45
3.6.3	Kwaliteit inlaatwater	46
3.7	Ongezuiverde lozingen en effluënten awzi's en bedrijven	49
3.7.1	Ongezuiverde lozingen	49
3.7.2	Effluënten awzi's en bedrijven	50
3.8	Betrouwbaarheid gepresenteerde gebiedskenmerken	51
4	Vermesting bodem, freatisch grondwater en oppervlaktewater	53
4.1	Bodem	54
4.1.1	Huidige milieukwaliteit	54
4.1.2	Vermestingsbronnen	55
4.1.3	Fosforbindend vermogen klei- en veengronden	56
4.1.4	Fosforverzadiging klei- en veengronden	57
4.2	Freatisch grondwater	58
4.2.1	Huidige milieukwaliteit	58
4.2.2	Vermestingsbronnen	59
4.3	Oppervlaktewater	61
4.3.1	Huidige milieukwaliteit	61
4.3.2	Vermestingsbronnen	63
4.3.2.1	Uit- en afspoeling van nutriënten vanuit en vanaf de bodem	63
4.3.2.2	Inlaat rivier- of boezemwater	69
4.3.2.3	Ongezuiverde lozingen en effluent van awzi's en bedrijven	70
4.3.2.4	Resumé	70
5	Maatregelen en hun rendement	75
5.1	Maatregelen bodem en freatisch grondwater	75
5.1.1	Terugdringen bemestingsoverschot en verschralen en afplaggen van de bodem	75
5.1.2	Ingrepen peilbeheer	76
5.2	Maatregelen oppervlaktewater	77
5.2.1	Terugdringen bemestingsoverschot	78
5.2.2	Peilbeheer	81
5.2.2.1	Effect peilbeheer via kwel	81
5.2.2.2	Effect peilbeheer via ingelaten water	82
5.2.2.3	Effect peilbeheer via bemestingsoverschot	84
5.2.2.4	Netto-effecten ingrepen peilbeheer	84

5.2.3 Verminderen ongezuiverde lozingen en effluenten awzi's/bedrijven	85
5.2.4 Baggeren	85
5.2.5 Doorspoelen	86
5.2.6 Kroosverwijderen	86
5.2.7 Resumé	87
<b>6 Nadere uitwerking van drie deelgebieden</b>	<b>89</b>
6.1 Deelgebieden	90
6.1.1 Deelgebied a	90
6.1.2 Deelgebied b	91
6.1.3 Deelgebied c	92
6.2 Bodem	93
6.3 Oppervlaktewater en freatisch grondwater	94
6.3.1 Methodiek	94
6.3.1.1 Berekening stikstof- en fosforconcentraties	94
6.3.1.2 Waterbalansen	97
6.3.1.3 Onzekerheden	98
6.3.2 Scenario's	102
6.3.3 Resultaten	105
6.3.3.1 Deelgebied a	105
6.3.3.2 Deelgebied b	114
6.3.3.3 Deelgebied c	121
<b>7 Conclusies</b>	<b>129</b>
7.1 Bodem	129
7.2 Freatisch grondwater	130
7.3 Oppervlaktewater	130
<b>Literatuur</b>	<b>135</b>
Niet-gepubliceerde bronnen	138
<b><i>Aanhangsels</i></b>	
1 Stratigrafisch overzicht	139
2 De relaties van Schothorst	141
3 Gemiddelde grondwaterstandsdiepten, droogleggingen en peilen in de zomer en de winter in de peilgebieden van de Ablasserwaard en de Vijfheerenlanden	143
4 Gegevens peilbuizen en de grondwaterkwaliteitsgegevens van de peil- buizen in de Ablasserwaard en de Vijfheerenlanden	147
5 Nadere literatuurstudie grondwaterkwaliteit eerste watervoerend pakket in de Ablasserwaard en de Vijfheerenlanden	151
6 Stikstof en fosforhoeveelheden in dierlijke mest, kunstmest en het bemes- tingsoverschot (inclusief depositie) in 1989 en 1992 per gemeente voor grasland	153

7	Overzicht ongezuiverde lozingen op polderwater in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden per 1-1-1993 en de bebouwing waarvoor uit het oogpunt van waterkwaliteit riolering urgent is per 1-1-1990	155
8	Fysisch-chemische component van het beoordelingssysteem 'Ecologisch beoordelingssysteem voor zoete, kleine wateren in Noord- en Zuid-Holland	157
9	Lineaire regressie-relaties voor stikstof en fosfor tussen het bemestingsoverschot en de belasting van het oppervlaktewater onder invloed van bemesting	159
10	Afleiding van de Bergambacht-relatie	163
11	Waterbalansen voor de bodem en het oppervlaktewater en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater vanuit de bodem voor verschillende scenario's en voor de deelgebieden a, b en c	169

### **Tabellen**

1	Oppervlakte van de verschillende bodemgebruiksvormen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	24
2	Aandeel van agrarische bodemgebruiksvormen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	25
3	De gemiddelde jaarlijkse inlaathoeveelheden over de periode 1984-1993 per waterstaatkundige afdeling	45
4	Gemiddelde waterkwaliteit in de Lek (Kinderdijk) en de Beneden-Merwede (Hardinxveld) over de periode 1985-1992 voor het zomer- en winterhalfjaar	46
5	Gemiddelde waterkwaliteit van de Lek (Hagestein) voor het zomer- en winterhalfjaar van 1993	46
6	Schatting van de gemiddelde waterkwaliteit van de Lek (Kinderdijk) en de Beneden-Merwede (Hardinxveld) in de zomer van 1993	47
7	Waterkwaliteit van de boezemwateren in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden gemiddeld voor de zomer van 1993 en gemiddeld voor de zomers in de periode 1986 tot en met 1993	48
8	Effluenten als concentratie en als vracht van de awzi's Leerbroek en Schoonrewoerd voor 1993	50
9	Effluenten als concentratie en als vracht van de Melkunie in Bleskensgraaf (1994) en de Kaasfabriek in Schoonrewoerd (1993)	50
10	De vermesting in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden onderscheiden naar vermestingsbron en compartiment dat vermist wordt	53
11	De aan- en afvoer van stikstof via het maaiveld (kunstmest, dierlijke mest, gewasafvoer) en het bemestingsoverschot inclusief atmosferische depositie op het land, uitgedrukt als absolute en relatieve (tov de totale aanvoer via het maaiveld) vracht in 1992	55
12	De aan- en afvoer van fosfor via het maaiveld (kunstmest, dierlijke mest, gewasafvoer) en het bemestingsoverschot, uitgedrukt als absolute en relatieve (tov de totale aanvoer via het maaiveld) vracht in 1992	56

13 Gemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in hoofdwatgangen en sloten in de Nederwaard, Overwaard en de Vijfheerenlanden voor de zomer van 1993	62
14 De berekende coëfficiënten van de lineaire regressie tussen het bemestingsoverschot en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater door bemesting (gemiddelde concentratie en als vracht), voor de droogleggingen 0,20, 0,45 en 0,70 m - mv	65
15 Gemiddeld bemestingsoverschot en stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater door bemesting (als gemiddelde concentratie en als vracht) per afdeling voor de heersende drooglegging	66
16 Aandeel klei- en veengronden en schattingen van de achtergrondbelasting aan stikstof en fosfor van het oppervlaktewater zonder kwelinvloed per afdeling	68
17 Gemiddelde stikstof- en fosforvrachten aangevoerd door kwel per afdeling	68
18 Variant 1: Gemiddelde hoeveelheden inlaatwater en gemiddelde stikstof- en fosforvrachten aangevoerd met het ingelaten rivierwater per afdeling en geschatte concentraties van het water van de Lek (Kinderdijk) en de Beneden-Merwede (Hardinxveld) in 1993	69
19 Variant 2: Gemiddelde hoeveelheden inlaatwater en gemiddelde stikstof- en fosforvrachten aangevoerd met het ingelaten boezemwater per afdeling en gemiddelde concentraties van het boezemwater in de zomer van 1993	69
20 Stikstof- en fosforvrachten naar het oppervlaktewater aangevoerd met ongezuiverde lozingen (1992) en effluënten van awzi's en bedrijven (1993/1994)	70
21 Schattingen van het oppervlakte (land + water) en het aandeel oppervlaktewater (hoofdwatgangen en sloten) hierin per afdeling in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	71
22 Schatting van de absolute en relatieve stikstofvrachten naar het oppervlaktewater per vermestingsbron, in 1993 voor de Nederwaard, de Overwaard en de Vijfheerenlanden (kwaliteit inlaatwater volgens variant 2: boezemwater)	72
23 Schatting van de absolute en relatieve fosforvrachten naar het oppervlaktewater per vermestingsbron, in 1993 voor de Nederwaard, de Overwaard en de Vijfheerenlanden (kwaliteit inlaatwater volgens variant 2: boezemwater)	72
24 Kwalitatieve indicatie van effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	87
25 Waterbalans van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'huidige situatie'	106
26 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied a, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'huidige situatie'	106
27 Berekende totaal-N- en totaal-P-concentratie in het oppervlaktewater van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en voor verschillende scenario's	107

28	Effecten van de verschillende scenario's en maatregelen op de zomer- halfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in deelgebied a, kwalitatief uitgedrukt ten opzichte van de autonome ontwikkeling	112
29	Berekende jaargemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie in het freatisch grondwater en de daaruit geschatte ammonium-N- en nitraat-N- concentratie voor verschillende scenario's voor deelgebied a	114
30	Waterbalans van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deel- gebied b voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'huidige situatie'	115
31	Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied b, onderscheiden naar vermistingsbron voor het scenario 'huidige situatie'	115
32	Berekende totaal-N- en totaal-P-concentratie in het oppervlaktewater van deelgebied b voor een gemiddelde meteorologische zomer en voor verschillende scenario's	116
33	Effecten van de verschillende scenario's en maatregelen op de zomer- halfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in deelgebied b, kwalitatief uitgedrukt ten opzichte van de autonome ontwikkeling	119
34	Berekende jaargemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie in het freatisch grondwater en de daaruit geschatte ammonium-N- en nitraat-N- concentratie voor verschillende scenario's voor deelgebied b	120
35	Waterbalans van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'huidige situatie'	121
36	Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deel- gebied c, onderscheiden naar vermistingsbron voor het scenario 'huidige situatie'	122
37	Berekende totaal-N- en totaal-P-concentratie in het oppervlaktewater van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en voor verschillende scenario's	122
38	Effecten van de verschillende scenario's en maatregelen op de zomer- halfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in deelgebied c, kwalitatief uitgedrukt ten opzichte van de autonome ontwikkeling	127
39	Berekende jaargemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie in het freatisch grondwater en de daaruit geschatte ammonium-N- en nitraat-N- concentratie voor verschillende scenario's voor deelgebied c	128



## **Figuren**

1 Schematisatie van grondwaterstromingen in een kwelprofiel	43
2 Berekende zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater voor deelgebied a voor verschillende scenario's en de AMK- en BMK-norm, alle uitgedrukt als percentage ten opzichte van het scenario 'huidige situatie' voor stikstof (A) en fosfor (B)	107
3 Berekende zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater voor deelgebied b voor verschillende scenario's en de AMK- en BMK-norm, alle uitgedrukt als percentage ten opzichte van het scenario 'huidige situatie' voor stikstof (A) en fosfor (B)	116
4 Berekende zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater voor deelgebied c voor verschillende scenario's en de AMK- en BMK-norm, alle uitgedrukt als percentage ten opzichte van het scenario 'huidige situatie' voor stikstof (A) en fosfor (B)	123

## **Bijlagen**

1 Ligging van het onderzoeksgebied de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden en de indeling in verschillende deelgebieden	
2 Bodemeenheden in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
3 Ruimtelijke plannen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
4 Gemiddelde grondwaterstandsdiepte in de zomer en de winter en de peilgebieden per deelgebied in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
5 Isohypsen van het eerste watervoerend pakket in de zomer en de winter in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
6 Gemiddelde kwel- of wegzijgingsintensiteit in de zomer, de winter en gedurende het gehele jaar per deelgebied in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
7 Verwachte stijghoogteverlagingen eerste watervoerend pakket als gevolg van een extra grondwateronttrekking te Lexmond en een nieuwe grondwateronttrekking te Langerak in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
8 Gemiddelde ammonium-N-concentratie in het water van het eerste watervoerend pakket in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
9 Gemiddelde totaal-P-concentratie in het water van het eerste watervoerend pakket in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
10 Gemiddelde stikstofvracht aangevoerd met kwelwater in de zomer, de winter en het gehele jaar in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
11 Gemiddelde fosforvracht aangevoerd met kwelwater in de zomer, de winter en het gehele jaar in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
12 Gemiddeld bemestingsoverschot voor stikstof voor grasland in 1992 per deelgebied in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden inclusief atmosferische depositie	
13 Gemiddeld bemestingsoverschot voor fosfor voor grasland in 1992 per deelgebied in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden inclusief atmosferische depositie	
14 De verdeling van inlaatwater uit de rivieren de Lek en de Beneden-Merwede over de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	

- 15 Gemiddelde stikstofconcentratie in de boezemwateren en het polderwater (hoofdwatergangen en sloten) voor de zomer van 1993 en het gehele jaar 1993 per deelgebied en de lokaties van de awzi's die lozen op polderwater in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden
- 16 Gemiddelde fosforconcentratie in de boezemwateren en het polderwater (hoofdwatergangen en sloten) voor de zomer van 1993 en het gehele jaar 1993 per deelgebied en de lokaties van de awzi's die lozen op polderwater in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden
- 17 Geschiktheid deelgebieden in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden voor nadere uitwerking
- 18 Lokatie drie deelgebieden in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden voor nadere uitwerking

## Woord vooraf

DLO-Staring Centrum heeft in opdracht van de provincie Zuid-Holland het project 'Onderzoek aanpak vermessing Alblasserwaard/Vijfheerenlanden' uitgevoerd. Dit onderzoek maakt deel uit van het integraal gebiedenbeleid van de provincie Zuid-Holland dat er naar streeft de milieukwaliteit in overeenstemming te brengen met de functies van verschillende gebieden.

Belangrijke onderdelen van het onderzoek zijn gebaseerd op de expertise uit eerdere onderzoeken uitgevoerd door DLO-Staring Centrum in veenweidegebieden. Het betreft onderzoek naar de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater in veenweidegebieden verspreid over Nederland en de effecten van diverse beheersmaatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit in het peilgebied Bergambacht.

De volgende personen en instanties leverden een bijdrage aan het onderzoek:

- ing. B.M.L. Steenhof, Bureau Bodembescherming, Provincie Zuid-Holland te 's-Gravenhage;
- Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden te Gorinchem (inlaathoeveelheden);
- Instituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO te Delft (stijghoogten en waterkwaliteitsgegevens eerste watervoerend pakket);
- Provincie Zuid-Holland te 's-Gravenhage (gegevens betreffende waterkwaliteit eerste watervoerend pakket en kroos);
- Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling te Lelystad (waterkwaliteitsgegevens van rivieren);
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne te Bilthoven (gegevens waterkwaliteit eerste watervoerend pakket);
- RIWA te Amsterdam (gegevens waterkwaliteit rivieren).
- Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden te Dordrecht (gegevens betreffende oppervlaktewaterkwaliteit, ongezuiverde lozingen, effluenten awzi's en bedrijven, en kroos);

Het onderzoek is in de periode april tot en met augustus 1994 uitgevoerd door ir. H.L. Boogaard en ir. R.F.A. Hendriks. Tenslotte leverden ir. O.F. Schoumans en ir. C.W.J. Roest van DLO-Staring Centrum een bijdrage aan het onderzoek.

## **Samenvatting**

### ***Aanleiding en doel***

DLO-Staring Centrum heeft van april tot en met augustus 1994 het onderzoek 'Onderzoek aanpak vermessing Alblasserwaard/Vijfheerenlanden' uitgevoerd in opdracht van de provincie Zuid-Holland. De Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) liggen in de provincie Zuid-Holland en zijn respectievelijk een onderdeel van het veenweidegebied en het overgangsgebied tussen het veenweide- en het rivierkleigebied. Vermesting wordt gezien als één van de belangrijkste oorzaken van de achteruitgang van natuur- en landschapswaarden in het veenweidegebied. Onder vermessing wordt verstaan de overmatige toevoer van nutriënten aan de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater. De provincie streeft er naar met de inzet van integraal gebiedsgericht beleid de kwaliteit van het milieu beter in overeenstemming te brengen met de functies van gebieden. Het onderzoek is uitgevoerd op een regionale schaal en had een globaal en kwalitatief karakter.

De doelstelling van het onderzoek was het beantwoorden van de volgende vragen:

- hoe is het gesteld met de huidige (1993) vermessing in de AV?
- welke concrete maatregelen zijn mogelijk om vermindering van de emissie van stikstof en fosfor naar bodem en oppervlaktewater in het veenweidegebied van de AV te bewerkstelligen?
- wat zijn de te verwachten milieurendementen van deze maatregelen, uitgedrukt als verlaging van de stikstof- en fosforconcentraties in bodem, freatisch grondwater en oppervlaktewater?
- zijn bestaande generieke milieudoelstellingen in twee of drie nader aan te duiden delen van het gebied te realiseren; welke stikstof- en fosforconcentraties zijn bereikbaar in deze delen van het gebied?

### ***Werkwijze***

Op basis van beschikbare gegevens van het onderzoeksgebied en de beschikbare kennis over de vermessingsproblematiek in soortgelijke gebieden is een inschatting gemaakt van de huidige milieukwaliteit en de huidige vermessingsbronnen van het gebied. Daarvoor is de AV ingedeeld in 36 deelgebieden. Van elk deelgebied zijn de kenmerken beschreven die voor de vermessing van de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater belangrijk zijn. De kenmerken betreffen onder andere de bodemeenheid, de drooglegging, de grondwaterstandsdiepte, de kwel- en wegzijgingsintensiteit, de stikstof- en fosforconcentratie in het kwelwater, het bemestingsoverschot, de hoeveelheid inlaatwater, de stikstof- en fosforconcentratie in het inlaatwater, de ongezuiverde lozingen, de hoeveelheid kroos enz.

Vervolgens zijn de deelgebieden met hun verschillende kenmerken geaggregeerd tot de drie bestaande waterstaatkundige afdelingen: de Nederwaard, de Overwaard (beide behorend tot de Alblasserwaard), en de Vijfheerenlanden. Voor deze drie afdelingen zijn de huidige milieukwaliteit en de vermessingsbronnen van de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater beschreven. Verder zijn maatregelen geïnventari-

seerd die mogelijk de vermisting van de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater terugdringen. Voor drie gekozen deelgebieden in de AV is een inschatting gemaakt van het effect van maatregelen en combinaties van maatregelen voor elk van deze drie deelgebieden. Het effect van de maatregelen op de nutriëntenconcentraties in het freatisch grondwater en het oppervlaktewater is daarbij vergeleken met normen en streefwaarden.

### ***De huidige milieukwaliteit en de vermistingsbronnen van de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater***

Over de huidige milieukwaliteit van de bodem is weinig bekend. Voor de wortelzone van de bodem is het bemestingsoverschot, gedefinieerd als de mestaanvoer minus de gewasafvoer, de belangrijkste vermistingsbron. Het bemestingsoverschot voor stikstof neemt toe van 256 kg.ha<sup>-1</sup>.jr<sup>-1</sup> in de Nederwaard tot 312 in de Vijfheerenlanden. Voor fosfor is het bemestingsoverschot in de AV ongeveer 14 kg.ha<sup>-1</sup>.jr<sup>-1</sup>.

Op grond van de beperkte set waarnemingen is het onduidelijk of het freatisch grondwater in de AV in de huidige situatie voldoet aan de streefwaarden voor ammonium-N (10 mg.l<sup>-1</sup>) en nitraat-N (5,6 mg.l<sup>-1</sup>). De huidige fosforconcentratie in het freatisch grondwater ligt onder de streefwaarde van 3 mg.l<sup>-1</sup> totaal-P. De vermistingsbronnen van het freatisch grondwater zijn het bemestingsoverschot, de atmosferische depositie, de achtergrondbelasting vanuit de bodem en de kwel. De bijdrage van het bemestingsoverschot en de bijdrage van de achtergrondbelasting aan de vermisting van het freatisch grondwater nemen in de huidige situatie enigszins af van het westen naar het oosten van de AV. Dit houdt verband met de grotere drooglegging (verminderde invloed van het bemestingsoverschot) en het hogere percentage kleigronden (lagere achtergrondbelasting) in het oosten van de AV. De bijdrage van de kwel aan de vermisting van het freatisch grondwater beperkt zich tot het grondwater in het diepere bodemprofiel.

In de meeste deelgebieden van de AV zijn in 1993 de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentraties in het oppervlaktewater hoger dan de AMK-norm van 2,2 mg.l<sup>-1</sup> totaal-N. Hetzelfde geldt voor de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie ten aanzien van de BMK-norm van 0,30 mg.l<sup>-1</sup> totaal-P. Deze gemeten concentraties zijn een momentopname voor de zomer van 1993 die geen gemiddelde meteorologische zomer was. Uit andere onderzoeken is onder andere gebleken dat de milieukwaliteit van het oppervlaktewater voor een groot aantal gebieden in de Vijfheerenlanden voor de zomer van 1990 wel voldoet aan de AMK- en BMK-normen.

De uit- en afspoeling van nutriënten vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater in de AV is op jaarbasis de belangrijkste vermistingsbron van het oppervlaktewater. Deze vermistingsbron bestaat uit de deelbronnen bemestingsoverschot, achtergrondbelasting vanuit de bodem (inclusief atmosferische depositie op het landoppervlak) en kwel. De bijdrage van het bemestingsoverschot en de bijdrage van de achtergrondbelasting aan de vermisting van het oppervlaktewater nemen enigszins af van het westen naar het oosten van de AV. De stikstofvracht aangevoerd met kwel is in de huidige situatie in de Nederwaard belangrijk groter dan in de Overwaard en de Vijfheerenlanden. Dit is het gevolg van de relatief hoge ammoniumconcentratie in het kwelwater in de Nederwaard. De fosforvracht aangevoerd met kwelwater is in

de Vijfheerenlanden duidelijk lager dan in de twee andere afdelingen. Zowel de kwelintensiteit als de fosforconcentratie in het kwelwater zijn in de Vijfheerenlanden relatief laag. Behalve door uit- en afspoeling van nutriënten vanuit en vanaf de bodem wordt het oppervlaktewater ook vermest door atmosferische depositie op het wateroppervlak, ongezuiverde lozingen en effluenten van awzi's en bedrijven, en inlaat van rivier- of boezemwater.

#### ***Maatregelen bodem, freatisch grondwater en oppervlaktewater***

Het reduceren van het bemestingsoverschot is de belangrijkste maatregel om de vermesting van de bodem en het freatisch grondwater terug te dringen. De effecten van deze maatregel worden vooral voor fosfor pas na vele tientallen tot honderden jaren volledig zichtbaar. Na vermindering van het bemestingsoverschot blijft de bemestingshistorie merkbaar in de vorm van relatief hoge stikstof- en fosforgehalten en -concentraties in de bodem en het freatisch grondwater. Het effect van deze maatregel kan worden versneld door minder mest aan te voeren dan via het gewas van het land wordt afgevoerd (verschralen van de bodem) en door het afplaggen van de bodem waardoor de met nutriënten verrijkte wortelzone wordt verwijderd.

Maatregelen om de vermesting van het oppervlaktewater te verminderen zijn het terugdringen van het bemestingsoverschot, het verkleinen of vergroten van de drooglegging (ingrepen peilbeheer), het verminderen van ongezuiverde lozingen en effluenten van awzi's en bedrijven, kroosverwijderen, baggeren en doorspoelen. Voor het terugdringen van het bemestingsoverschot geldt dat de verlagende effecten op de concentraties in het oppervlaktewater pas op de lange termijn volledig zichtbaar worden. Ingrepen in het peilbeheer hebben gevolgen voor de kwelvrachten, de bijdrage van het bemestingsoverschot aan de vermesting van het oppervlaktewater, en de waterbalansen van de bodem en het oppervlaktewater. Afhankelijk van de bodemsoort, de hydrologische condities en de nutriëntenconcentraties in het kwelwater en het inlaatwater hebben peilveranderingen een positief (verlagend) of negatief (verhogend) effect op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Voor de drie deelgebieden is dit nader uitgewerkt.

Het effect van kroosverwijderen op de zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater in de AV is voor stikstof naar verwachting gering tot nihil en voor fosfor (licht) positief. Baggeren heeft naar verwachting geen effect op de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Het effect op de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie is naar verwachting positief.

#### ***De drie deelgebieden***

De drie deelgebieden a, b en c liggen respectievelijk in de Nederwaard, de Overwaard en de Vijfheerenlanden. Per deelgebied zijn voor het freatisch grondwater en het oppervlaktewater de effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforconcentraties berekend voor een gemiddeld weerjaar. Deze berekeningen zijn gebaseerd op onzekere gegevens, aannamen en geëxtrapoleerde modelresultaten uit onderzoeken in tot op zekere hoogte vergelijkbare veenweidegebieden. De berekende concentraties zijn uitsluitend bruikbaar om verschillende maatregelen onderling te vergelijken. Voor de bodem bleken te weinig gegevens en expertise beschikbaar om de effecten van verschillende maatregelen op de drie deelgebieden nader te specificeren.

Een lager bemestingsoverschot en een grotere drooglegging geven in de veengebieden van de AV duidelijk een lagere stikstof- en fosforconcentratie in het freatisch grondwater. Voor alle beschouwde maatregelen zijn in de drie deelgebieden de jaargemiddelde ammonium, nitraat- en fosforconcentratie in het freatisch grondwater waarschijnlijk lager dan de streefwaarden. Een uitzondering hierop vormen de ammoniumconcentraties in deelgebied a voor de scenario's 'huidige situatie' en 'autonome ontwikkeling' die mogelijk hoger zijn dan de streefwaarde. Lokaal, op de zandige stroomruggen, in de Vijfheerenlanden kan de nitraatconcentratie relatief hoog zijn.

In deelgebied a kan naar verwachting de grootste verlaging van de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater worden bereikt door een kleine drooglegging te combineren met het beëindigen van de bemesting. Voor fosfor is hiermee waarschijnlijk een gering effect te bereiken. Het is onduidelijk of met de meest gunstige combinatie van maatregelen de AMK-norm voor de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater in deelgebied a wordt gehaald. De BMK-norm voor de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater wordt waarschijnlijk niet gehaald met het verkleinen van de drooglegging en het beëindigen van de bemesting. Wellicht wordt de BMK-norm bereikt bij combinatie met de maatregelen 'kroosverwijderen', 'baggeren' en 'doorspoelen'.

In deelgebied b kan naar verwachting de grootste verlaging van de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater worden verkregen door het vergroten van de drooglegging te combineren met het verminderen van de bemesting. Hierbij wordt aangenomen dat beëindigen van de bemesting in dit deelgebied nergens mogelijk is vanwege de agrarische functie. De grootste verlaging van de fosforconcentratie kan waarschijnlijk worden bereikt door de drooglegging zo klein mogelijk te houden en de bemesting te verminderen, en deze maatregelen te combineren met de maatregelen 'kroosverwijderen', 'baggeren' en 'doorspoelen'. De zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater ligt waarschijnlijk voor alle scenario's inclusief de huidige situatie onder de AMK-norm. De BMK-norm voor de fosforconcentratie wordt waarschijnlijk niet gehaald met de meest gunstige combinatie van maatregelen.

In deelgebied c kan naar verwachting de grootste verlaging van de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater worden bereikt door een grote drooglegging te combineren met het beëindigen van de bemesting. De grootste verlaging van de fosforconcentratie kan waarschijnlijk worden bereikt door de drooglegging zo klein mogelijk te houden en de bemesting te beëindigen, en deze maatregelen te combineren met de maatregelen 'kroosverwijderen' en 'baggeren'. De zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentraties in het oppervlaktewater liggen voor alle scenario's inclusief de huidige situatie waarschijnlijk onder de AMK-norm. Het is onzeker of de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater voor de verschillende doorgerekende situaties onder of boven de BMK-norm voor oppervlaktewater ligt. Het is mogelijk dat de BMK-norm wordt bereikt bij het combineren van de maatregelen 'verkleinen drooglegging', 'beëindigen bemesting', 'kroosverwijderen' en 'baggeren'.

## **1 Inleiding**

De provincie Zuid-Holland heeft DLO-Staring Centrum opdracht verleend het onderzoek 'Onderzoek aanpak vermisting Alblasserwaard/Vijfheerenlanden' uit te voeren. In deze rapportage wordt verslag gedaan van dit onderzoek. In dit hoofdstuk worden in het kort de probleem- en doelstelling weergegeven zoals die volgen uit de offerte. Verder worden in deze inleiding de werkwijze, de randvoorwaarden van het onderzoek en de leeswijzer beschreven.

### **1.1 Probleemstelling**

De achteruitgang van natuur- en landschapwaarden baart in Zuid-Holland grote zorgen. De provincie streeft er naar met de inzet van integraal gebiedsgericht beleid de kwaliteit van het milieu beter in overeenstemming te brengen met de functies van verschillende gebieden. De Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) is één van de zeven voorkeursgebieden waar, in samenwerking met de actoren in de streek, wordt gewerkt aan de aanpak hiervan. De streek heeft een agrarische hoofdfunctie, maar kent daarnaast belangrijke delen van de Provinciale Ecologische Hoofdstructuur (PEHS). Vermisting wordt gezien als één van de belangrijkste oorzaken van de achteruitgang van natuur- en landschapswaarden in het veenweidegebied. Ter bescherming van deze waarden in de PEHS en de algemene basiskwaliteit in het gehele gebied dienen actief maatregelen te worden ondernomen.

Onder vermisting wordt verstaan de overmatige toevoer van nutriënten aan de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater. Vermisting vormt een bedreiging voor natuurwaarden, en op zandgronden, als gevolg van uitspoeling van nitraat, een bedreiging voor de kwaliteit van het grondwater bestemd voor drinkwatervoorziening.

Over de manier waarop een bepaalde milieukwaliteit moet worden bereikt, wil de provincie overleg voeren met de betrokkenen in het gebied. In discussies hierover bestaat behoefte aan duidelijkheid over de huidige milieukwaliteit, de haalbaarheid van gestelde algemene milieukwaliteitseisen, de wenselijkheid om naar bijzondere milieukwaliteitseisen te streven, de maatregelen die daarvoor nodig zijn, en de rendementen die maatregelen kunnen opleveren.

### **1.2 Doelstelling**

De doelstelling van het onderzoek was het beantwoorden van de volgende vragen:

- hoe is het gesteld met de huidige (1993) vermisting in de AV?
- welke concrete maatregelen zijn mogelijk om vermindering van de emissie van stikstof en fosfor naar bodem en oppervlaktewater in het veenweidegebied van de AV te bewerkstelligen?



- wat zijn de te verwachten milieurendementen van deze maatregelen, uitgedrukt als verlaging van de stikstof- en fosforconcentraties in bodem, freatisch grondwater en oppervlaktewater?
- zijn bestaande generieke milieudoelstellingen in twee of drie nader aan te duiden delen van het gebied te realiseren; welke stikstof- en fosforconcentraties zijn bereikbaar in deze delen van het gebied?

In dit onderzoek is weinig informatie gevonden over de vermessing van de bodem en het freatisch grondwater in de AV. Daarnaast is weinig expertise beschikbaar over de vermessing van de bodem en het freatisch grondwater. De onderzoeken over vermessing in veenweidegebieden van Hendriks (1991 en 1993) en Hendriks et al. (1994) waren meer gericht op de vermessing van het oppervlaktewater. Tenslotte zijn voor de milieukwaliteit van het freatisch grondwater en de bodem vanuit het milieuhygiëne- en natuurbeleid nog geen duidelijke normen opgesteld. Dit onderdeel heeft in dit onderzoek dus noodzakelijkerwijs minder aandacht gekregen.

### **1.3 Werkwijze**

Op basis van beschikbare gegevens van het onderzoeksgebied en de beschikbare kennis over de vermessingsproblematiek in soortgelijke gebieden is een inschatting gemaakt van de huidige milieukwaliteit en de huidige vermessingsbronnen van het gebied. Om een beeld te krijgen van de huidige milieukwaliteit van het oppervlaktewater in de AV is ervoor gekozen om zo recent mogelijke gegevens te gebruiken. Dit houdt in dat is uitgegaan van het jaar 1993. Dit is een momentopname, die onder invloed staat van meteorologische omstandigheden.

Vervolgens zijn potentiële maatregelen ter verbetering van de milieukwaliteiten ten aanzien van stikstof en fosfor op een rij gezet en is een inschatting gemaakt van het milieurendement van deze maatregelen. Deze inschatting is uitgevoerd voor drie waterstaatkundige afdelingen binnen de AV en is zodoende vrij globaal.

Voor drie gekozen deelgebieden binnen de AV is een inschatting gemaakt van het effect van maatregelen en combinaties van maatregelen voor elk van deze deelgebieden. Het effect van de maatregelen wordt daarbij vergeleken met de normen en streefwaarden die gelden voor de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater. Het freatisch grondwater is in dit onderzoek gedefinieerd als het bovenste deel van het grondwater dat zich tussen maaiveld en ca 1,50 m - mv bevindt.

### **1.4 Randvoorwaarden**

Aan de hand van een literatuur- en bronnenonderzoek zijn gegevens geïnventariseerd waarmee de huidige vermessing in de AV wordt beschreven. Deze beschrijving is uitgevoerd op een regionale schaal en heeft een globaal en kwalitatief karakter. De gegevens hebben onder andere betrekking op meetgegevens, op eerder uitgevoerd

onderzoek in de AV en op onderzoek uitgevoerd in tot op zekere hoogte vergelijkbare veenweidegebieden. Het veentype in deze vergelijkbare veenweidegebieden is evenals het veentype in de AV eutroof. Er is gebruik gemaakt van bestaande meetgegevens van diverse instellingen, waarbij er rekening mee moet worden gehouden dat de toegepaste meettechnieken, meetomstandigheden en meetfrequenties de nauwkeurigheid van de gegevens bepalen. Door de grootte van het gebied en de daarmee gepaard gaande variatie in fysieke kenmerken heeft een zekere veralgemenisering van gegevens plaats gevonden die op het regionale niveau binnen dit onderzoek verantwoord is.

Verder wordt in onderhavig onderzoek aangegeven wat de te verwachten effecten van maatregelen kunnen zijn. Binnen het kader van dit globale onderzoek maakte het gebruik van modellen geen onderdeel uit van de opdracht. In deze fase van oriëntering op het gebied, heeft de provincie gekozen voor een literatuuronderzoek in combinatie met bestaande beschikbare meetgegevens, zonder modelberekeningen uit te laten voeren.

Andere onderzoeken in tot op zekere hoogte vergelijkbare veenweidegebieden zijn gebruikt om de effecten van maatregelen in de AV te kunnen voorspellen. Het gaat om de onderzoeken uitgevoerd voor een veenweideperceel in de Alblasserwaard (Hendriks, 1993) en voor het peilgebied Bergambacht (Hendriks et al., 1994) waarin met modelberekeningen effecten van maatregelen worden voorspeld. Het interpreteren van modelresultaten van onderzoeken uitgevoerd in andere vergelijkbare veenweidegebieden om effecten van maatregelen in de AV te kunnen voorspellen, brengt extra onzekerheden met zich mee naast de onzekerheden die samenhangen met de inventarisatie van gegevens in de AV. Hiermee wordt aangegeven dat ook dit onderdeel van het onderzoek een globaal en kwalitatief karakter heeft.

De conclusies die aan het eind van dit rapport worden getrokken, moeten ook in dat licht worden gezien. Het doel van dit onderzoek was om effecten en tendensen te vergelijken waarvan wordt verwacht dat ze optreden bij het nemen van bepaalde maatregelen. Absolute waarden die in tabellen worden gepresenteerd, kunnen alleen in het licht van dit onderzoek worden geïnterpreteerd.

Of er in later stadium behoefte zal zijn aan nader detailonderzoek moet blijken uit overleg met de streek, afspraken die gemaakt worden over doelstellingen, en de vooruitgang die wordt geboekt met bijvoorbeeld de uitvoering van inmiddels ingezette (stimulerings)maatregelen.

## **1.5 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt een algemene gebiedsbeschrijving gegeven. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 een aantal gebiedskenmerken nader uitgewerkt. Deze gebiedskenmerken zijn van belang om de verschillende bijdragen aan vermessing in de AV in kaart te brengen. Het zijn kenmerken die door maatregelen kunnen worden beïnvloed met als doel de vermessing terug te dringen.

In hoofdstuk 4 volgt een beschrijving van de huidige vermessing in de AV waarbij onderscheid is gemaakt tussen de verschillende vermestingsbronnen en de milieukwaliteit van de compartimenten bodem, freatisch grondwater en oppervlaktewater.

Maatregelen die de vermessing van bodem, grond- en oppervlaktewater eventueel kunnen terugdringen worden besproken in hoofdstuk 5. Tevens wordt het rendement van deze maatregelen besproken. Hoofdstuk 6 bestaat uit een meer diepgaande analyse van drie deelgebieden waarin voor een pakket van maatregelen wordt onderzocht in hoeverre de vermessing kan worden teruggedrongen. Hoofdstuk 7, tenslotte, geeft een aantal conclusies.

## **2 Algemene gebiedsbeschrijving**

In dit hoofdstuk wordt het onderzoeksgebied de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) beschreven aan de hand van de volgende algemene gebiedskenmerken welke van belang zijn voor het beschrijven en analyseren van de vermessingsituatie:

- geografie (2.1);
- landschap (2.2);
- bodemgebruik (2.3);
- geologie (2.4);
- hydrogeologie (2.5);
- bodemgeografie (2.6);
- bodemeenheden (2.7);
- waterhuishouding (2.8);
- ruimtelijke plannen (2.9).

### **2.1 Geografie**

#### **2.1.1 Ligging**

Het onderzoeksgebied is gesitueerd in het zuidoosten van de provincie Zuid-Holland en beslaat de topografische kaartbladen 38 West en 38 Oost. Het gebied vormt enerzijds de zuidelijke uitloper van het Hollands-Utrechtse veenweidegebied en anderzijds de overgang tussen het rivierengebied en de westelijke zeeklei (De Bruin, 1988). Bijlage 1 geeft de buitenste begrenzing, de belangrijke woonplaatsen en de rivieren.

#### **2.1.2 Begrenzing**

De begrenzing van het onderzoeksgebied wordt in het noorden gevormd door de rivier de Lek, in het oosten door de provinciale grens tussen Zuid-Holland en Gelderland en de rivier de Linge, in het zuiden door de snelweg (A15) en in het westen door het water de Noord. De zuidelijke begrenzing wijkt af van de begrenzing van het Hoogheemraadschap van de AV die de Beneden-Merwede hanteert als zuidelijke begrenzing. Op verzoek van de provincie Zuid-Holland is in dit onderzoek de begrenzing afgeleid van het voorkeursgebied 'Alblasserwaard/Vijfheerenlanden' zoals weergegeven in het Ontwerp Intentieprogramma Bodembeschermingsgebieden Zuid-Holland (Provincie Zuid-Holland, 1993a). De zuidelijke begrenzing is daardoor geen waterhuishoudkundige begrenzing. Deze geringe afwijking van de waterhuishoudkundige begrenzing heeft geen merkbare gevolgen voor de resultaten van het onderzoek.

## 2.2 Landschap

Het landschap van de Alblasserwaard bestaat uit een grootschalig, open veenweidegebied. De Vijfheerenlanden vormen binnen Zuid-Holland de overgang van het veenweidegebied naar het rivierengebied. Deze overgangssituatie levert een rijk gevarieerd landschap op, waarin elementen uit beide eenheden naast elkaar voorkomen: veenweiden, uiterwaarden, grienden, veenputten en boomgaarden (Provincie Zuid-Holland, 1994a).

Het overwegend vlakke karakter van het onderzoeksgebied wordt onderbroken door een aantal natuurlijke hoogten. Dit zijn stroomruggen en oeverwallen van verdwenen en bestaande rivieren. Het meest opvallend in het landschapsreliëf zijn de zogenaamde donken: pleistocene zandopduikingen. Van het oosten van de Vijfheerenlanden tot het westelijk deel van de Alblasserwaard daalt het terrein van 1,50 m + NAP tot 1,50 m - NAP. De bodem langs de grote rivieren in het meer oostelijk deel loopt op tot één meter hoger dan de omgeving.

## 2.3 Bodemgebruik

De grootte van het gebied dat behoort tot het Hoogheemraadschap van de AV bedraagt ongeveer 37.500 ha. Tabel 1 geeft de verdeling van het bodemgebruik binnen het Hoogheemraadschap.

De strook ten zuiden van de snelweg A15 behoort niet tot het onderzoeksgebied. De totale oppervlakte van de Alblasserwaard in het onderzoeksgebied is ongeveer 2.700 ha kleiner dan aangegeven in tabel 1. De cultuurgrond is in tabel 2 onderverdeeld in agrarische gebruiksvormen en bestaat voornamelijk uit grasland. In de Vijfheerenlanden worden op de overslaggronden, de oeverwallen en de hooggelegen stroomruggen naast grasland ook boomgaarden en bouwland aangetroffen (Grontmij, 1993a).

In de agrarische sector neemt de melkveehouderij de eerste plaats in. Op verschillende bedrijven worden ook varkens en kalveren gemest en op een aantal bedrijven vindt uitsluitend varkensmestrij plaats (De Bruin, 1988).

*Tabel 1 Oppervlakte (ha) van de verschillende bodemgebruiksvormen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (naar: De Bruin, 1988)*

Bodemgebruiksvorm	Alblasserwaard	Vijfheerenlanden	AV
Cultuurgebied	20.000	10.300	30.300
Stedelijk gebied	2.000	1.000	3.000
Natuur- en recreatiegebieden	700	500	1.200
Water	2.300	700	3.000
Totaal	25.000	12.500	37.500

*Tabel 2 Aandeel (%) van agrarische bodemgebruiksvormen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (naar: De Bruin, 1988)*

Bodemgebruiksvorm	Alblasserwaard	Vijfheerenlanden	AV
Grasland	96	80	91
Bouwland	1	4	2
Tuinbouw	2	11	5
Overig (o.a. griend)	1	5	2

## **2.4 Geologie**

### **2.4.1 Pleistoceen**

De voor dit onderzoek relevante geologie heeft betrekking op het kwartair. De holocene sedimenten liggen op een ondergrond van pleistocene rivier- en windafzettingen. De jongste pleistocene afzettingen, gevormd door vlechtende rivieren, behoren tot de Formatie van Kreftenheye en betreffen veelal grove, grindrijke zanden (aanhangel 1 voor een stratigrafisch overzicht). Aan het einde van het Pleistoceen zijn uit de verlaten rivierbeddingen rivierduinen opgestoven (donken) die op sommige plaatsen in de AV dagzoomen.

### **2.4.2 Holoceen**

De holocene sedimentatie, behorend tot de Westland Formatie, is sterk beïnvloed door de postglaciale zeespiegelrijzing. In het gehele gebied vindt gedurende het Holoceen een opeenvolging plaats van veengroei en sedimentatie van zand en klei (Aelmans, 1976). In het midden en het oosten van de AV heeft het zand en klei een fluviatiele oorsprong, in het westen een mariene. Het door de rivieren en de zee afgezette zand en klei behoren respectievelijk tot de afzettingen van Gorkum en de afzettingen van Calais. De organogene afzettingen (veen en kleilig veen) vormen het Hollandveen. Het Hollandveen kan worden beschouwd als een matrix waar rivierafzettingen ingebed zijn.

In het kaartblad 38 Oost hebben rivieren zich plaatselijk tot aan de Formatie van Kreftenheye ingesneden en maken contact met deze formatie. Bijbehorende rivierafzettingen worden daarom gefundeerd genoemd. In het begin van het Subatlanticum neemt de rivieractiviteit toe. Langs de rivieren de Waal, de Linge en de Lek sedimenteren zandige kleien en zanden, en tussen de rivieren zware kleien. Deze sedimenten behoren tot de afzettingen van Tiel en variëren sterk in dikte.

Door de bedijking vanaf 1100 na Chr. komt aan het natuurlijke sedimentatiemechanisme een einde. Sindsdien spelen alleen afzettingen verbonden aan dijkdoorbraken een rol. Als gevolg van dijkdoorbraken ontstaan lokaal diepe kolkgraten en worden

zandige waaiers afgezet die verder van het doorbraakpunt kleiiger worden, de zogenaamde overslaggronden (Verbraeck, 1970).

## **2.5 Hydrogeologie**

Voor de studie zijn de volgende hydrogeologische eenheden van belang:

- afdekkend pakket (2.5.1);
- eerste watervoerend pakket (2.5.2).

De samenstelling en de dikte van het afdekkend pakket zijn bepalend voor de weerstand die de verticale stroming ondervindt (kwel en wegzijging). Het eerste watervoerend pakket vormt de onderrand van het onderzoeksgebied. Dit pakket is belangrijk omdat eventuele kwel vanuit dit pakket omhoog komt.

### **2.5.1 Afdekkend pakket**

Het afdekkend pakket heeft een dikte van 12 m in het zuidwesten tot 6 m in het oosten en bestaat uit een afwisseling van klei en veen met lokale inschakelingen van slibhoudende fijne zanden en grove zanden (Boswinkel, 1979). De zanden zijn afgezet als donken en kreek- en stroomruggen. In het oosten snijden de stroomruggen soms het onderliggende pleistocene watervoerende pakket aan. Het voorkomen van de zanden verkleint de verticale weerstand van het holocene pakket, hetgeen tot uitdrukking komt in een plaatselijk grotere kwel (Aelmans, 1976). Afhankelijk van de lokale topografie en het peilbeheer kan de verkleinde verticale weerstand ook resulteren in een plaatselijk grotere wegzijging.

### **2.5.2 Eerste watervoerend pakket**

Het eerste watervoerend pakket heeft een dikte die varieert van 10 m in het zuidwesten tot 50 m in het noordoosten. Het pakket bestaat uit matig grove tot grove grindhoudende zanden. Ter hoogte van de Vijfheerenlanden zijn de grote rivieren de Lek en de Beneden-Merwede op sommige plaatsen zo diep ingesneden in het afdekkend pakket dat ze contact maken met het eerste watervoerend pakket (gefundeerd). Hierdoor treedt een hydrologische kortsluiting op en wordt de stijghoogte in dit watervoerend pakket langs de rivieren gedomineerd door het waterpeil in de rivieren (Grontmij, 1993b).

## **2.6 Bodemgeografie**

In het onderzoeksgebied worden zes verschillende bodemgeografische gebieden onderscheiden:

- stroomruggen (2.6.1);
- kommen en kommen op veen (2.6.2);
- veenkomen (2.6.3);
- veenstroomruggen (inversiegebied) (2.6.4);
- overslagen (2.6.5);
- donken (2.6.5).

### **2.6.1 Stroomruggen**

De stroomruggen vormen de hogere delen van het landschap en zijn oost-west gericht (Lek, Linge en Waal). Naar het oosten toe worden de stroomruggen breder en hoger ten opzichte van de omgeving. De kern van de ruggen bestaat langs de Lek uit zavel en lichte klei, langs de Linge uit zavel en klei, en langs de Waal uit zavel en klei met een zware (komklei)ondergrond, plaatselijk rustend op veen.

### **2.6.2 Kommen en kommen op veen**

De kommen en kommen op veen vormen gezamenlijk met de veenkomen de laagste delen van het onderzoeksgebied. De gronden bestaan uit kalkloze (kom)klei op veen. Het kleipakket wordt van oost naar west en vanaf de stroomruggen naar het centrum van de kommen dunner; het veen komt daardoor in die richtingen steeds ondieper voor. Het veen bestaat overwegend uit bosveen of houtrijk eutroof broekveen (Harbers, 1981).

### **2.6.3 Veenkommen**

In het middengedeelte van de AV komen kommen met veengronden voor. Ze zijn overdekt met een dunne laag kalkloze, zware tot zeer zware (kom)klei. Voor een deel is deze kleilaag donker van kleur en humusrijk (weideveengronden). In andere delen hebben de gronden een dunne minerale eerdlaag en is de kleilaag boven het veen minder goed doorlatend (waardveengronden) (Harbers, 1981).

In het centrale deel van de westelijke Albasserwaard liggen koopveengronden. Deze gronden hebben een goed veraarde, kleiige, moerige bovengrond die is ontstaan door baggeren en bemesten. Vaak is tussen 20 en 30 à 35 cm diepte een humusrijke kalkloze zware kleilaag aanwezig (Markus, 1984).



## 2.6.4 Veenstroomruggen

Verlande riviersystemen die grotendeels overgroeid zijn met veen en bedekt met komklei, vormen de veenstroomruggen. Omdat het maaiveld van de omliggende veengronden is gezakt (vnl. door oxydatie) steken deze nu uit. Het centrale deel van de veenstroomruggen bestaat uit een zandkern (Harbers, 1981).

## 2.6.5 Overslaggronden en donken

Overslaggronden ontstaan bij dijkdoorbraken. Tijdens de dijkdoorbraak is materiaal 'opgekolkt' en vervolgens over het aangrenzende land gedeponneerd (Markus, 1984). Deze gronden zijn zeer heterogeen, zowel wat betreft de dikte als de samenstelling van het materiaal. Een bijzonder verschijnsel in het veengebied zijn de donken. Ze liggen vooral in de Alblasserwaard en steken tot maximaal 6 m uit ten opzichte van de omgeving.

## 2.7 Bodemeenheden

Voor het weergeven van de verschillende bodemeenheden die in het onderzoeksgebied voorkomen, is gebruik gemaakt van de bodemkaart 1:50.000 behorend bij de kaartbladen 38 West (Markus, 1984) en 38 Oost (Harbers, 1981). De hoofdingeling wordt gevormd door veen- en kleigronden. De fysische en chemische eigenschappen van veen- en kleigronden verschillen sterk. Daardoor verschillen deze gronden ook ten aanzien van processen in de bodem en het freatisch grondwater die belangrijk zijn voor de vermessing van bodem, freatisch grondwater en oppervlaktewater. De in het onderzoeksgebied onderscheiden bodemeenheden zijn daarom onderverdeeld in veengronden (2.7.1) en kleigronden (2.7.2). Ze zijn weergegeven in bijlage 2.

### 2.7.1 Veengronden

De veengronden hebben binnen 80 cm meer dan 40 cm moerig materiaal bestaande uit veen, kleilig veen of venige klei. In het onderzoeksgebied komen voornamelijk bos- en broekveen voor. Beide veensoorten zijn in het onderzoeksgebied eutroof. De veengronden zijn in dit onderzoek verder onderverdeeld op basis van het soort dek:

- koopveengronden: veengronden met een 25 tot 40 cm dik dek bestaande uit kleilig, moerig materiaal (c.q. venige klei) ontstaan door baggeren en bemesten. Tussen 20 en 30 à 35 cm diepte is vaak een humusrijke kalkloze zware kleilaag aanwezig;
- weideveengronden: veengronden met een 30 tot 40 cm dik dek van kalkloze (zeer) zware klei waarin een minerale eerdlaag is ontwikkeld die groter is dan 15 cm. Veel weideveengronden hebben een 5 à 10 cm dikke, venige zode;

- waardveengronden: veengronden met een 30 tot 40 cm dik dek bestaande uit kalkloze, zware tot zeer zware (kom)klei. De minerale eerdlaag bestaande uit humusrijke (zeer) zware klei is kleiner dan 15 cm.

Het organische-stofgehalte van het dek is bij koopveengronden het hoogst en bij waardveengronden het laagst. De bodemeenheden liggen in de bodemgeografische eenheden veenkommen en veenstroomruggen.

### **2.7.2 Kleigronden**

De kleigronden in het onderzoeksgebied liggen in de bodemgeografische eenheden stroomruggen, kommen, kommen op veen, veenstroomruggen, donken en overslaggronden. Op de bodemkaart 1:50.000 komen ze voor in veel verschillende eenheden. In dit onderzoek zijn ze samengevoegd, omdat verder onderscheid gezien de grove schaal en de methodiek van het onderzoek niet relevant is voor het doel van het onderzoek. Het enige onderscheid binnen de kleigronden is gemaakt voor de gronden met 'zavel of klei op veen'. Deze zogenaamde 'drechtvaaggronden' hebben veen dat tussen 40 en 80 cm diepte begint. De bovengrond bestaat uit zware klei. De drechtvaaggronden liggen in aaneengesloten oppervlakten op de overgang van klei- naar veengronden.

### **2.8 Waterhuishouding**

Het waterhuishoudkundig systeem in de AV bestaat uit peilgebieden. In elk peilgebied wordt in sloten en watergangen een bepaald zomer- en winterpeil gehanteerd. De peilen kunnen worden uitgedrukt in m + NAP en in m - mv. Wanneer in dit onderzoek sprake is van peilen ten opzichte van het maaiveld worden deze peilen aangeduid met de term 'drooglegging'.

Het waterhuishoudkundig systeem kan worden verdeeld in waterafvoer en wateraanvoer. De waterafvoer vindt plaats vanuit de peilgebieden in de afzonderlijke waterbeheersingssystemen van de afdelingen Nederwaard, Overwaard en de Vijfheerenlanden. Daartoe wordt een systeem van hoofdwatervgangen gebruikt met een totaal oppervlak van 440 ha en een inhoud van 2,8 miljoen m<sup>3</sup> water. De hoofdwatervgangen worden gevoed door sloten en plassen met een gezamenlijk oppervlak van 1.710 ha en een inhoud van 6 miljoen m<sup>3</sup> water. Het waterbezwaar in de hoofdwatervgangen wordt door middel van gemalen op de boezems gebracht. De boezems hebben een oppervlak van 650 ha en een volume van 14 miljoen m<sup>3</sup> water.

De wateraanvoer in droge perioden vindt plaats vanuit de Lek, het Merwedekanaal en de Linge. Het aangevoerde water wordt rechtstreeks of via de boezems naar de peilgebieden getransporteerd door middel van duikers en stuwen (De Bruin, 1988).

## 2.9 Ruimtelijke plannen

In het Ontwerp Streekplan Zuid-Holland Oost (1994a) worden met betrekking tot natuur- en/of landschapswaarden de volgende aanduidingen in het landelijk gebied van de AV gebruikt:

- agrarisch gebied weide (Aw): Gebied met als hoofdfunctie landbouw, voornamelijk veeteelt; binnen het als zodanig aangegeven gebied kunnen andere agrarische en niet-agrarische functies voorkomen, maar deze zijn beperkt van omvang. In verband met de bescherming van natuur- en landschapswaarden dient het weidekarakter van dit gebied behouden te blijven. Omzetting naar andere agrarische grondgebruiksvormen is in principe uitgesloten (bijv. tuinbouw, boomteelt, fruitteelt). Omzetten van grasland en slootdemping zijn aan aanlegvergunning gebonden. Peilverlaging tot maximaal 60 cm - mv. De ecologische aandachtsgebieden beschreven in het Waterhuishoudingsplan (Provincie Zuid-Holland, 1991) zijn gebieden met hydrobiologische waarden die nog geen status als natuurgebied of ANL-gebied hebben. Deze aandachtsgebieden vallen grotendeels onder de aanduiding Aw;
- agrarisch gebied met natuur- en landschapswaarden (ANL): Gebied met als hoofdfunctie landbouw, waarbinnen natuur- en landschapswaarden voorkomen die binnen de planperiode beschermd dienen te worden. De agrarische hoofdfunctie kan hiervan beperkingen ondervinden. Grootschalige ingrepen zijn in principe uitgesloten; geen verdere peilverlaging dan volgen van de maaivelddaling. Voorts gelden dezelfde beperkingen aan het grondgebruik als onder Aw beschreven. Zo ruim mogelijke toepassing van het relatienota-instrumentarium;
- zoekgebied ANL: Gebieden in de AV waarbinnen bij de vaststelling van het streekplan ANL-gebieden worden aangegeven voor de begrenzing van reservaat-, beheers- en natuurontwikkelingsgebieden. Dit gebied is aangegeven omdat onduidelijk is op hoeveel ha uiteindelijk de relatienota of de natuurontwikkeling van toepassing is. Het zoekgebied heeft een oppervlakte van 2500 ha die is gebaseerd op de provinciale nota Relatienota en Natuurontwikkeling in Zuid-Holland (Provincie Zuid-Holland, 1992);
- natuurgebied: Gebied van tenminste 5 ha met als zodanig verworven en/of beheerde natuurterreinen. Hoofdfunctie natuur. Strikte regelgeving, gericht op bescherming van natuurwaarden. Deze gebieden gelden tevens als bodembeschermingsgebied.

De aanduiding 'Agrarisch gebied weide' staat op het moment van deze rapportage nog ter discussie. Het is nog niet duidelijk of en hoe vervanging van voorgenomen regelgeving door een convenant met de standsorganisaties kan worden ingekleed (bron: Steenhof).

De verschillende planologische aanduidingen zijn voor het onderzoeksgebied weergegeven in bijlage 3.

### **3 Nadere uitwerking gebiedskenmerken**

In dit hoofdstuk worden enkele gebiedskenmerken nader uitgewerkt. Deze gebiedskenmerken zijn van belang om de verschillende bijdragen aan de vermessing in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) in kaart te brengen. Het zijn kenmerken die door maatregelen kunnen worden beïnvloed met als doel de vermessing terug te dringen. Het gaat om de volgende kenmerken:

- grondwaterstandsdiepte (3.2);
- kwel en wegzijging (3.3);
- stikstof- en fosforvrachten aangevoerd met kwel (3.4);
- bemestingsoverschot (3.5);
- inlaat gebiedsvreemd water (3.6);
- ongezuiverde lozingen en effluenten afvalwaterzuiveringsinrichtingen (awzi's) en bedrijven (3.7).

De gebiedskenmerken worden voor zover mogelijk behandeld per deelgebied. In paragraaf 3.1 wordt uitgelegd op grond waarvan het onderzoeksgebied is ingedeeld in deelgebieden. Het hoofdstuk wordt besloten met paragraaf 3.8 waarin de betrouwbaarheid van de gepresenteerde gebiedskenmerken wordt besproken.

#### **3.1 Indeling deelgebieden**

Het onderzoeksgebied de AV is groot en mede daarom in verschillende opzichten (bodem, geologie, waterhuishouding etc.) nogal divers. Om eenduidige en verantwoorde uitspraken te doen over de huidige milieukwaliteit, de te nemen maatregelen en het rendement van die maatregelen voor vermindering van de vermessing, is het noodzakelijk het onderzoeksgebied onder te verdelen in deelgebieden. Deze deelgebieden moeten homogeen zijn ten aanzien van de factoren die de vermessing bepalen. Het onderscheid in deelgebieden is dus gebaseerd op factoren die de vermessing bepalen en sterk variëren in het onderzoeksgebied. Dit zijn de volgende factoren:

- geologie;
- bodemeenheid;
- maaiveldhoogte;
- grondwaterstandsdiepte;
- kwel- en wegzijgingsintensiteiten;
- inlaatregime;
- ruimtelijke plannen.

De schematisatie van de deelgebieden is gestart op 'peilgebiedsniveau'. Het peilgebied is een afzonderlijke hydrologische eenheid en juist de hydrologie is sterk bepalend voor de vermessing in veenweidegebieden (Hendriks, 1993). Peilgebieden zijn samengevoegd als ze op grond van de bovengenoemde factoren overeenkwamen. De begrenzing van deelgebieden wordt in principe gevormd door de grenzen van peilgebieden. Uitzonderingen zijn twee deelgebieden in Vijfheerenlanden waarbij al reke-

ning is gehouden met toekomstige plannen voor het realiseren van natuurgebieden volgend uit het streekplan (Provincie Zuid-Holland, 1994a). Deze natuurgebieden zijn weergegeven in bijlage 3. Verder zijn twee peilgebieden onderverdeeld in sub-peilgebieden vanwege een grote variatie in maaiveldhoogte.

Het onderzoeksgebied is zodoende gereduceerd van 91 peilgebieden tot 36 deelgebieden waaronder drie natuurgebieden. Het natuurgebied 'Donkse Laagten' is al gerealiseerd en wijkt qua peilbeheer af van de omringende peilgebieden. De deelgebieden worden getoond in bijlage 1.

## **3.2 Grondwaterstandsdiepte**

De grondwaterstandsdiepte geeft de grootte van de onverzadigde zone aan en is mede bepalend voor de kwelintensiteit. De grootte van de onverzadigde zone heeft invloed op processen zoals de afbraak van veen, de mineralisatie, de nitrificatie, de denitrificatie, sorptieprocessen aan het bodemcomplex etc. Deze processen beïnvloeden hoeveel van de bemesting uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater. Verder bepaalt de grondwaterstandsdiepte mede de kwelintensiteit en daarmee de aanvoer van nutriënten via kwel.

Over het verloop van de grondwaterstandsdiepten in de AV is weinig bekend. Daarom zijn in dit onderzoek de grondwaterstandsdiepten afgeleid uit de heersende winter- en zomerpeilen in de peilgebieden met empirische relaties van Schothorst (Schothorst, 1982; Wind, 1986). Om de relaties van Schothorst te kunnen toepassen, moeten de zomer- en winterpeilen ( $m + \text{NAP}$ ) eerst worden omgerekend naar een zomer- en winterdrooglegging ( $m - mv$ ).

### **3.2.1 Drooglegging**

De zomer- en winterpeilen ( $m + \text{NAP}$ ) en de begrenzing van de peilgebieden zijn afgeleid uit het waterkwantiteitsbeheersplan (De Bruin, 1988) en het meerjarenplan van het Hoogheemraadschap van de AV (Tauw, 1993a). Tijdens het onderzoek bleek dat voor de Vijfheerenlanden de begrenzingen en peilen uit deze rapporten gedeeltelijk niet klopten met de gegevens uit een onderzoek van de Grontmij (1993a). In het rapport van de Grontmij worden praktijkpeilen gegeven die het huidige peilbeheer beter weergeven dan de peilen uit de peilbesluiten (bron: Hoogheemraadschap van de AV). Deze praktijkpeilen zijn voor dit onderzoek overgenomen.

Van de afdelingen Nederwaard en Overwaard zijn geen praktijkpeilen bekend (bron: Hoogheemraadschap van de AV). De Grontmij voert momenteel een onderzoek uit naar het gewenste peilbeheer in deze afdelingen. Voor de Nederwaard en Overwaard zijn daarom de zomer- en winterpeilen uit de peilbesluiten gebruikt.

Om de zomer- en winterpeilen om te rekenen naar peilen ten opzichte van het maaiveld (drooglegging) zijn gegevens over de maaiveldhoogte nodig. De maaiveldhoogten in de peilgebieden zijn afgeleid van een studie van het ICW (1987) en van de topografische kaartbladen 38 West (Topografische kaart, 1991) en 38 Oost (Topografische kaart, 1992).

In een klein aantal peilgebieden is de variatie in maaiveldhoogte zo groot dat het gebruik van een gemiddelde maaiveldhoogte voor een peilgebied een nogal vertekend beeld geeft van de werkelijke situatie. Deze peilgebieden zijn opgesplitst in subpeilgebieden zodat de grondwaterstandsdiepte en de kwel beter worden benaderd.

### **3.2.2 Berekening grondwaterstandsdiepten**

Schothorst heeft lineaire verbanden gevonden tussen de drooglegging in veengebieden en de daarbij behorende gemiddelde grondwaterstandsdiepte voor een hydrologisch zomerhalfjaar (april tot en met september), een hydrologisch winterhalfjaar (oktober tot en met maart) en het gehele jaar (Schothorst, 1982; Wind, 1986). Schothorst baseerde zich op de ervaringen, opgedaan op drie grote ontwateringsproefvelden in het westelijk veenweidegebied: Zegveldbroek, Hoenkoop en Bleskensgraaf. Het proefveld Bleskensgraaf ligt in de Alblasserwaard. De relaties van Schothorst zijn afgeleid uit een twaalfstal waarnemingen per jaar over een periode van 5 jaar (aanhangel 2).

De relaties van Schothorst zijn gebruikt om voor de AV een gemiddelde zomer- en wintergrondwaterstandsdiepte per peilgebied te berekenen. Deze grondwaterstandsdiepten en ook de zomer- en winterpeilen, en de zomer- en winterdroogleggingen worden in aanhangsel 3 per peilgebied in tabelvorm gegeven. Bijlage 4 geeft de gemiddelde grondwaterstandsdiepte voor de zomer en de winter per deelgebied op een kaart weer. Op deze kaart is ook aangegeven welke peilgebieden in welke deelgebieden liggen.

In de Vijfheerenlanden komen 24 onderbemalingen voor met een afwijkend winterpeil (Grontmij, 1993a). Voor een belangrijk deel zijn dit kleine gebieden die te verwaarlozen zijn in vergelijking met de grootte van de peilgebieden. Enkele onderbemalingen betreffen echter grotere oppervlakten namelijk de onderbemalingen nr. 105 en nr. 112 in peilgebied 24a in de Vijfheerenlanden. De grondwaterstandsdiepte in dit peilgebied is gecorrigeerd voor deze onderbemalingen omdat anders de dikte van de onverzadigde zone en de kwelintensiteit teveel wordt onderschat.

### **3.2.3 Nauwkeurigheid berekende grondwaterstandsdiepten**

Het berekenen van de gemiddelde grondwaterstandsdiepten is gepaard gegaan met onzekerheden. In de eerste plaats rijst de vraag of de relaties van Schothorst geschikt zijn om voor de situatie van de AV een realistisch beeld te geven van de gemiddelde

grondwaterstandsdiepten. Daarnaast bestaat onzekerheid over de juistheid van de waarden van de drooglegging - de onbekende variabele in de vergelijking van Schothorst - zoals die in dit onderzoek zijn bepaald voor de AV.

De relaties van Schothorst zijn toegepast op de veen- en kleigebieden van de AV. De verwachting is dat, gezien de regionale schaal van het onderzoek, de relaties voor de veenweidegebieden in de AV een redelijke tot goede schatting geven van de gemiddelde grondwaterstandsdiepten. Tenslotte ligt één van de proefvelden van Schothorst in de AV (Bleskensgraaf). De meest bepalende factor voor de relatie tussen grondwaterstandsdiepte en drooglegging is de slootafstand die in dit soort gebieden van grote invloed is op de drainage en infiltratie. Bij het toepassen van de relaties van Schothorst op andere veengebieden moet de slootafstand daarom zo goed mogelijk overeenkomen. De inschatting is dat de slootafstanden van de AV gemiddeld redelijk overeenkomen met die van de proefvelden van Schothorst (ca. 50 m). Afwijkingen tussen de relaties van Schothorst en de realiteit van de veenweidegebieden van de AV kunnen eventueel worden veroorzaakt door verschillen in meteorologische omstandigheden en kwelintensiteit. Deze zijn naar verwachting niet zo groot. De relaties van Schothorst gelden voor de gemiddelde meteorologische condities van een periode van vijf jaar. De kwelintensiteit van Bleskensgraaf in de Alblasserwaard zal niet sterk afwijken van de gemiddelde kwelintensiteit in de AV.

Voor de kleigebieden zijn de uitkomsten van de relaties van Schothorst meer onzeker dan voor de veengebieden. Er was echter voor kleigronden geen alternatief voor de relaties van Schothorst voorhanden. Toch is de verwachting dat de relaties van Schothorst voor de kleigronden van de AV geen onrealistische grondwaterstandsdiepten geeft. In het algemeen geldt voor poldergebieden dat de aard van de reactie van het grondwater op de drooglegging identiek is voor veen- en kleigronden. In de winter bestaat een drainagesituatie en staat het grondwater boven het slootpeil. In de zomer vindt infiltratie plaats en staat het grondwater lager dan het slootpeil. Kleigronden reageren extremer dan veengronden, omdat in klei minder water geborgen kan worden. Bekend is dan ook dat de zomergrondwaterstanden in kleigronden over het algemeen lager zijn dan in veengronden bij gelijke drainage-omstandigheden. De verwachting is dan ook dat de zomergrondwaterstandsdiepten van de kleigebieden in de AV met de relaties van Schothorst worden onderschat.

De drooglegging is afgeleid uit de zomer- en winterpeilen en uit de maaiveldhoogte (zie 3.2.1). De onzekerheid van de gegevens over de zomer- en winterpeilen is waarschijnlijk gering voor de Vijfheerenlanden. Van dit gebied zijn immers praktijkpeilen bekend die zijn gebruikt. Voor de Over- en Nederwaard was geen informatie betreffende praktijkpeilen beschikbaar en zijn de peilen uit de peilbesluiten gebruikt. Deze laatste kunnen afwijken van de heersende peilen in de Over- en Nederwaard. Over de grootte van deze afwijkingen is niets bekend.

De onzekerheid in de maaiveldhoogten is veel groter. Waarschijnlijk stamt een deel van de gegevens over de maaiveldhoogten uit de periode 1959-1961 en is daardoor nogal verouderd. Doordat het maaiveld voortdurend zakt als gevolg van voornamelijk de oxydatie van het veen wordt de maaiveldhoogte in dit onderzoek voor 1993 waarschijnlijk te hoog ingeschat. De maaiveldhoogten in dit onderzoek kunnen hier-

door enkele centimeters tot maximaal een decimeter afwijken van de werkelijke maaiveldhoogten.

Deze mogelijke afwijking is niet groot in vergelijking met de nauwkeurigheid waarmee de maaiveldhoogten in de verschillende gegevensbronnen (ICW, 1987; Topografische kaart, 1991; Topografische kaart, 1992) zijn aangetroffen. De maaiveldhoogten zijn in decimeters gegeven. Verder is voor elk peilgebied een gemiddelde maaiveldhoogte genomen. Voor een peilgebied waar de maaiveldhoogte veel varieert, betekent dit dat de werkelijke maaiveldhoogte in het peilgebied behoorlijk kan afwijken (decimeters!) van de gemiddelde maaiveldhoogte. Dit geldt voornamelijk voor de gebieden aan de randen van het onderzoeksgebied waar stroomruggen liggen. Voor enkele peilgebieden is dit de reden geweest om ze op te splitsen (peilgebied 2c en 16a in de Overwaard).

De inschatting is dat doordat de gegevens waarschijnlijk verouderd zijn en doordat ze met een nauwkeurigheid van een decimeter bekend zijn, de maaiveldhoogten gemiddeld gezien een fout in de orde van grootte van 0,10 m kunnen vertonen, en dat de tendens is dat de maaiveldhoogten zijn overschat. Deze fout werkt niet honderd procent door in de berekening van de grondwaterstandsdiepte. In de relaties van Schothorst wordt de drooglegging namelijk vermenigvuldigd met een factor 0,6. Een overschatting van de maaiveldhoogte van een decimeter (en dus een overschatting van de drooglegging van een decimeter) geeft daardoor slechts een overschatting van de grondwaterstandsdiepte van 0,06 m. De grondwaterstand ten opzichte van NAP wordt met deze fout 0,04 m overschat. Voor een studie op regionale schaal zijn dit geringe fouten.

Zoals uit bijlage 4 blijkt, is de berekende gemiddelde zomergrondwaterstandsdiepte in de AV ruim 0,60 m - mv. In veenweidegebieden met een traditionele drooglegging van 0,20 à 0,30 m - mv bedraagt de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) 0,60 tot 0,70 m - mv (Hendriks, 1993). In de AV is de gemiddelde drooglegging in de zomer ongeveer 0,55 m - mv. Een bijbehorende gemiddelde grondwaterstandsdiepte in de zomer van ruim 0,60 m - mv is daarom realistisch.

### **3.3 Kwel en wegzijging**

Het voorkomen van kwel en de kwelintensiteit zijn in de problematiek van de vermessing belangrijk omdat via het kwelwater nutriënten uit het diepere grondwater in het bodem- en oppervlaktewatersysteem terechtkomen. Uit eerdere studies (Hendriks, 1993; Hendriks et al., 1994) blijkt dat in veenweidegebieden kwel een belangrijke bron van vermessing kan zijn. Omdat gegevens over kwel en wegzijging in de AV òf op een te grove schaal bekend zijn òf niet gebiedsdekkend zijn, is in dit onderzoek een eenvoudige, realistische methode gebruikt om de kwel en wegzijging te berekenen. Voor deze berekening zijn de volgende gegevens nodig:

- stijghoogten in het eerste watervoerend pakket (m + NAP) (3.3.1);
- grondwaterstandsdiepten (m + NAP) (3.2);
- weerstand voor verticale waterstroming in het afdekkend pakket (3.3.2).



De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket minus de grondwaterstandsdiepte geeft het stijghoogteverschil. Het quotiënt van het stijghoogteverschil en de verticale weerstand van het afdekkend pakket levert de kwel- of wegzijgingsintensiteit (kwel bij positief stijghoogteverschil; wegzijging bij negatief stijghoogteverschil).

### **3.3.1 Stijghoogten eerste watervoerend pakket**

Voor de stijghoogten van het diepere grondwater direkt onder het afdekkend pakket zijn isohypsenkaarten gemaakt. Om een goede indruk te krijgen van deze stijghoogten zijn 50 representatieve peilbuizen geselecteerd die verspreid liggen over het gehele gebied. Voor elke buis is over de periode 1985 tot en met 1993 een gemiddelde stijghoogte voor de zomer en de winter berekend (bron: IGG-TNO).

De berekende stijghoogten voor beide hydrologische halfjaren zijn gebruikt om isohypsenkaarten te tekenen (bijlage 5). Om het patroon van deze isohypsen te controleren, is een vergelijking gemaakt met de volgende isohypsenkaarten:

- isohypsenkaart 38 West, stijghoogten opgenomen op 28-04-1972 (Boswinkel, 1979);
- isohypsenkaart 38 West, stijghoogten opgenomen in oktober 1985 (ICW, 1987);
- isohypsenkaart 38 Oost, stijghoogten opgenomen op 14-12-1972 (Aelmans, 1976);
- isohypsenkaart 38 Oost, stijghoogten opgenomen in oktober 1985 (ICW, 1987).

Bovengenoemde isohypsenkaarten uit de literatuur geven een momentopname en geen gemiddeld beeld van de stijghoogten per hydrologisch halfjaar. Ze zijn daarom alleen gebruikt om het patroon van de isohypsen te controleren en niet de absolute waarden. Uit de vergelijking is gebleken dat de patronen van de verschillende isohypsenkaarten goed overeenkomen.

De berekende stijghoogten voor de Vijfheerenlanden zijn vergeleken met de isohypsenkaarten uit het rapport van de Grontmij (1993b) waarin een geohydrologisch onderzoek in de Vijfheerenlanden wordt beschreven. Daaruit blijkt een goede overeenkomst te bestaan voor de zomer- en winter-isohypsenkaarten.

De lokale afwijkingen van het regionale patroon die voorkomen op de isohypsenkaart worden veroorzaakt door de drinkwaterwinningen Nieuw-Lekkerland en Boven-Hardinxveld die grondwater winnen op een diepte van respectievelijk 15-30 en 20-35 m - mv.

### **3.3.2 Verticale weerstand**

De verticale weerstanden van het afdekkend pakket zijn afgeleid van een kaart gebruikt in een studie van het ICW (1987). De weerstanden variëren van 600 tot 2500 dagen met een gemiddelde van 2000 dagen in de Alblasserwaard en 1000 dagen in de Vijfheerenlanden. Deze verticale weerstanden zijn vergeleken met verticale weerstanden uit het rapport van de Grontmij (1993b). In het rapport van de Grontmij

worden profieltypen, volgend uit de geologische kaart, ingedeeld in vijf klassen. Elke klasse heeft een bijbehorende verticale weerstand. Met de geologische kaarten van 38 West (Geologische kaart, 1980) en 38 Oost (Geologische kaart, 1966) is voor de AV geïnventariseerd welke geologische profieltypen in welke deelgebieden voorkomen en of de bijbehorende verticale weerstanden overeenkomen met de gegevens van het ICW. In enkele deelgebieden zijn de waarden van het ICW gecorrigeerd.

### **3.3.3 Kwel- en wegzijgingsintensiteit**

Voor elk peilgebied is voor zowel de zomer als de winter een gemiddelde stijghoogte geschat uit de isohypsenkaart in bijlage 5. In combinatie met de gemiddelde grondwaterstandsdiepte is per peilgebied het gemiddelde stijghoogteverschil tussen het freatisch grondwater en het eerste watervoerend pakket berekend. Vervolgens zijn de gemiddelde stijghoogteverschillen voor alle peilgebieden binnen een deelgebied gemiddeld waarbij rekening is gehouden met de relatieve oppervlakten van de peilgebieden binnen een deelgebied.

Het quotiënt van het gemiddelde stijghoogteverschil per deelgebied en de verticale weerstand per deelgebied geeft de gemiddelde kwel- of wegzijgingsintensiteit per deelgebied. Dit is uitgevoerd voor zowel de zomer als de winter; uit de waarden voor deze twee seizoenen is een waarde op jaarbasis berekend. In bijlage 6 worden de gemiddelde kwel- en wegzijgingsintensiteiten per deelgebied getoond.

Voor de Vijfheerenlanden zijn de berekende kwel- en wegzijgingsintensiteiten vergeleken met de kwel- en wegzijgingsintensiteiten in het rapport van de Grontmij (1993b). De Grontmij geeft onder andere berekeningsresultaten voor de periode 1985 tot en met 1989 op peilgebiedsniveau. Voor het hydrologisch winterhalfjaar blijkt dat voor 80% van de Vijfheerenlanden de berekende waarden uit onderhavig onderzoek binnen de klassen vallen die de Grontmij heeft berekend.

Voor het hydrologisch zomerhalfjaar wijken de kwel- en wegzijgingsintensiteiten van de Grontmij (1993b) duidelijk af van de in onderhavig onderzoek berekende waarden: de kwelwaarden van de Grontmij zijn 0,1 tot 0,4 mm.d<sup>-1</sup> lager. De verschillen in intensiteiten laten zich verklaren uit de relatie tussen polderpeil en grondwaterstand die in het onderzoek van de Grontmij is gebruikt. De Grontmij leidt de grondwaterstand af uit het polderpeil waarbij wordt aangenomen dat de grondwaterstand in de zomer 0,2 m en in de winter 0,3 m hoger ligt dan het polderpeil. De aanname voor de zomer is niet realistisch. Uit onderzoeken van onder andere Schothorst (1982), Hendriks (1993) en Hendriks et al. (1994) blijkt dat in veenweidegebieden in de zomer de grondwaterstand lager is dan het polderpeil. In de zomer heerst een verdampingoverschot waardoor de grondwaterstand daalt tot onder het polderpeil, dat meestal (ook in de AV) wordt opgezet om het watertekort te compenseren. De consequentie van de te hoog ingeschatte zomergrondwaterstanden is dat de Grontmij de stijghoogteverschillen en daarmee de kwelintensiteiten voor het zomerhalfjaar onderschat.

In onderhavig onderzoek is de hoogste kwel berekend voor de Alblasserwaard. De gemiddelde kwelintensiteit voor het midden van dit gebied bedraagt ca.  $0,3 \text{ mm.d}^{-1}$  voor het hydrologisch zomerhalfjaar en ca.  $0,2 \text{ mm.d}^{-1}$  gemiddeld voor het jaar; de gemiddelde kwelhoeveelheid bedraagt 55 mm in de zomer en 75 mm per jaar (10% van de jaarlijkse hoeveelheid neerslag). Meer naar de randen van de AV toe (vooral de noordrand) neemt de kwel toe als gevolg van rivierkwel. Deze waarden voor de kwelintensiteit zijn realistische waarden voor veenweidegebieden.

### 3.3.4 Nauwkeurigheid berekende kwel- en wegzijgingsintensiteit

De nauwkeurigheid van de berekende gemiddelde kwel- en wegzijgingsintensiteit hangt af van de nauwkeurigheid van de drie bepalende factoren: de grondwaterstandsdiepten, de stijghoogten van het eerste watervoerend pakket en de verticale weerstand.

Wat de grondwaterstandsdiepte betreft, wordt verwezen naar paragraaf 3.2. Deze is de minst nauwkeurige factor van de drie. Uit paragraaf 3.2.3 is gebleken dat één van de onzekerheden omtrent de grondwaterstandsdiepte de waarschijnlijk verouderde maaiveldhoogten zijn. In paragraaf 3.2.3 wordt aangegeven dat als gevolg hiervan de grondwaterstand ten opzichte van NAP mogelijk met een fout van 0,04 m wordt overschat. Dit resulteert in een onderschatting van de kwelintensiteit van 0,02 tot  $0,04 \text{ mm.d}^{-1}$ . Voor een regionale studie is dit een geringe fout.

Het berekenen van de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket kon redelijk nauwkeurig worden uitgevoerd zoals blijkt uit paragraaf 3.3.1. Wel geeft het aggregeren van het stijghoogteverschil van verschillende peilgebieden binnen een deelgebied naar een gemiddeld stijghoogteverschil voor een deelgebied een zekere onnauwkeurigheid.

Voor elk jaar in de periode van 1985 tot en met 1993 is een gebiedsgemiddelde stijghoogte berekend om een eventuele trend te ontdekken. Het blijkt dat over het algemeen de stijghoogte voor zowel zomer als winter in de AV afneemt met gemiddeld 1 cm per jaar. Deze waarde kan lokaal aanzienlijk verschillen. De afname per jaar is dusdanig klein dat het gemiddelde dat in deze studie over de periode 1985-1993 is genomen, een goede benadering vormt van de gemiddelde huidige stijghoogte. Een onzekerheid van enkele cm's is klein in vergelijking met de onzekerheid die gepaard gaat met het schatten van een gemiddelde stijghoogte uit de isohypsenkaarten en het berekenen van een gemiddelde grondwaterstandsdiepte voor een peilgebied. Deze laatste onzekerheid ligt rond de decimeter. Voor het alternatief, het nemen van stijghoogten van één enkel recent jaar zoals 1993, is niet gekozen omdat dan de invloed van een afwijkend hydrologisch jaar te groot kan zijn.

Het bepalen van de verticale weerstand kon ook redelijk nauwkeurig worden uitgevoerd. De verticale weerstand bepaalt overigens alleen de mate van kwel of wegzijging, niet of kwel dan wel wegzijging optreedt hetgeen voor beide andere factoren wel geldt.

Voor een drietal deelgebieden in de Vijfheerenlanden is over het jaar gezien een lichte netto-wegzijing berekend. Er is onderzocht of een bepaalde marge in de gemiddelde grondwaterstandsdiepte kan betekenen dat in plaats van netto-wegzijing netto-kwel optreedt. Voor de marge van de gemiddelde grondwaterstandsdiepte zijn de grenzen genomen die volgen uit de grondwatertrap die voor het deelgebied geldt. Als de maximale grondwaterstandsdiepte wordt genomen die mogelijk is bij de heersende grondwatertrap betekent dit dat in alle betreffende deelgebieden de netto-wegzijing omslaat in netto-kwel. In de winter treedt nog wel wegzijing op, maar in de zomer is de kwel dermate groot dat over het jaar gezien lichte kwel overheerst. In dit onderzoek worden de kwelintensiteiten aangehouden die zijn berekend met de grondwaterstandsdiepten volgens de relaties van Schothorst. Dit betekent dat voor de drie bovengenoemde deelgebieden wordt aangenomen dat netto-wegzijing optreedt.

### **3.3.5 Invloed mogelijke uitbreiding/nieuwe drinkwaterwinningen**

In april 1994 is door Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland vergunning verleend voor het onttrekken van 5 miljoen m<sup>3</sup> grondwater per jaar nabij Langerak en het onttrekken van een extra 4 miljoen m<sup>3</sup> grondwater per jaar te Lexmond (Provincie Zuid-Holland 1994b; Provincie Zuid-Holland 1994c). Beide lokaties liggen binnen het onderzoeksgebied.

De extra onttrekking in Lexmond zal gaan plaatsvinden uit het tweede watervoerend pakket. De totale onttrekkingshoeveelheid wordt uitgebreid tot 12 miljoen m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>. De N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland Oost heeft de verlaging van de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket berekend (Timmer et al., 1992a). Gemiddeld bedraagt de totale verlaging van de stijghoogte in een straal van 2,5 km rondom de winplaats ongeveer 15 cm in zowel het zomer- als het winterseizoen. De verlaging van het freatisch vlak treedt alleen uitgebreid op in de zomer en betreft maar enkele centimeters.

Als gevolg van de toekomstige extra onttrekking in Lexmond zal voor de deelgebieden binnen de invloedssfeer van de onttrekking de kwelintensiteit in de zomer verder afnemen en de wegzijing in de winter verder toenemen. Enkele deelgebieden zullen veranderen in netto-wegzijgingsgebieden. In andere deelgebieden wordt de netto-wegzijing groter. Daarom kan met meer zekerheid worden gesteld dat ondanks de in paragraaf 3.3.4 besproken onzekerheden deze gebieden werkelijk wegzijgingsgebieden worden. Lokaal binnen een deelgebied zal de verandering in kwel- en wegzijgingsintensiteit uiteraard veel groter zijn.

In Langerak betreft de onttrekking een oevergrondwaterwinning met een omvang van 5 miljoen m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>. Ook voor deze grondwaterwinning heeft de N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland Oost de verlaging van de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket berekend (bijlage 7) (Timmerman en Van Brussel, 1992b). De verlaging van het freatisch vlak is evenals bij de onttrekking van Lexmond klein en bedraagt enkele centimeters.

De kwelintensiteit van de deelgebieden die in de invloedssfeer van de winning van Langerak liggen, zal in de zomer en in de winter afnemen. Voor geen van de deelgebieden zal de kwel in wegzijging omslaan. Plaatselijk binnen een deelgebied zal de kwel wel omslaan in wegzijging.

### **3.4 Stikstof- en fosforvrachten aangevoerd door kwel**

Voor het bepalen van de stikstof- en fosforvrachten die worden aangevoerd met kwelwater zijn gegevens verzameld over de nutriëntenconcentraties van het diepere grondwater direct onder het afdekkend pakket. De nutriëntenvracht naar het oppervlaktewater, veroorzaakt door kwel, wordt geschat als het produkt van deze concentraties en de kwelintensiteiten berekend in paragraaf 3.3. Hierbij wordt aangenomen dat de nutriëntenconcentraties in het kwelwater niet veranderen tijdens het opwaartse transport naar het oppervlaktewater. In paragraaf 3.4.3 wordt aan deze aanname uitgebreid aandacht besteed.

#### **3.4.1 Kwaliteit van het diepere grondwater**

Voor het onderzoeksgebied zijn gegevens opgevraagd over totaal-P, ortho-P, ammonium-N, nitraat-N, Kjeldahl-N, totaal-N en DOC/TOC bij de volgende instanties:

- Instituut voor Grondwater en Geo-energie TNO (IGG-TNO);
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM);
- de provincie Zuid-Holland.

Gegevens over peilbuizen waarin de kwaliteit van het grondwater wordt gemeten met de bijbehorende waterkwaliteitsgegevens staan vermeld in aanhangsel 4. De kwaliteit van het diepere grondwater is afgeleid uit gegevens van filters van peilbuizen die direct onder het afdekkend pakket in het eerste watervoerend pakket liggen.

Het onderscheid tussen de verschillende stikstof- en fosforcomponenten is gemaakt om te kunnen aantonen dat de totale stikstof- en fosforconcentratie in het diepere grondwater kunnen worden benaderd door de ammonium-N en ortho-P-concentratie.

#### ***Stikstof***

Voor de componenten Kjeldahl-N (som van organisch-N en ammonium-N) en nitraat-N zijn geen gegevens beschikbaar. Gegevens betreffende nitraat-N zijn beperkt en de waarden zijn over het algemeen zo laag dat ze niet meetbaar zijn. De waarden van DOC/TOC zijn relatief laag. Dit betekent dat zelfs bij een hoog stikstofgehalte van de organische stof in oplossing (lage C/N-verhouding) op grond van de DOC/TOC-concentratie de organische-N-concentratie verwaarloosbaar laag is. De concentratie totaal-N in het diepere grondwater wordt dus redelijk benaderd door de concentratie ammonium-N.

### **Fosfor**

Voor de component ortho-P zijn alleen gegevens gebruikt van de laatste jaren (vanaf 1987) omdat de waarden van de jaren vóór 1987 zonder duidelijke reden aanzienlijk afwijken van die vanaf 1987 en daarnaast sterk fluctueren. De fluctuatie van de ortho-P-concentratie is onwaarschijnlijk omdat fosfor sterk is gebufferd in de diepere ondergrond. De component ortho-P ontbreekt bij enkele peilbuizen. Voor deze peilbuizen is de ortho-P-concentratie afgeleid van de totaal-P-concentratie. Daarvoor is gebruik gemaakt van de verhouding tussen ortho-P en totaal-P bij andere peilbuizen in het onderzoeksgebied. Omdat de DOC/TOC-concentratie relatief klein is, is de verwachting dat bij een realistische C/P-verhouding van de organische stof in oplossing de organisch-P-concentratie ook laag zal zijn. Het is daarom waarschijnlijk dat ortho-P de belangrijkste fosforcomponent is.

De gemiddelde totaal-P-concentratie in peilbuis 70 wijkt sterk af van de te verwachten waarde. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door lokale omstandigheden. Het punt ligt op een zandige rug en het onderliggende afdekkend pakket maakt contact met het eerste watervoerend pakket. Het is aannemelijk dat er lokaal wegzijging optreedt en dat de kwaliteit van het diepere grondwater onder het afdekkend pakket wordt beïnvloed door deze lokale wegzijging, die op zijn beurt weer is beïnvloed door bemesting.

Voor ammonium-N en totaal-P zijn voor de reeks van beschikbare waarnemingen van elke peilbuis gemiddelde waarden per peilbuis berekend. Op grond van de gemiddelde waarden zijn isolijnen berekend. Omdat er weinig waarnemingen beschikbaar waren, zijn de gemiddelde concentraties niet uitgesplitst naar een zomer- en winterhalfjaar. Verwacht wordt echter dat de concentraties tussen de seizoenen niet belangrijk afwijken. Op grond van de gemiddelde waarden per peilbuis en de berekende isolijnen zijn de ammonium-N- en totaal-P-concentratie in het diepere grondwater onderverdeeld in klassen. Deze klassen worden weergegeven in bijlagen 8 en 9. Omdat er weinig waarnemingen beschikbaar waren (zowel in tijd en ruimte) is de ligging van de grenzen tussen de klassen onzeker.

De stikstof- en fosforconcentratie in het kwelwater aan de onderkant van het afdekkend pakket zijn relatief hoog. Dit heeft een natuurlijke oorzaak, waarbij de aanwezigheid van mariene afzettingen, rijk aan organische stof, in de diepere ondergrond een belangrijke rol speelt (RIVM, 1992; Hendriks, 1993).

### **3.4.2 Stikstof- en fosforvrachten**

De stikstof- en fosforvracht die aan de onderkant van het afdekkend pakket over het gehele oppervlak (land + oppervlaktewater) worden aangevoerd door kwelwater zijn berekend door per deelgebied aan de hand van bijlagen 8 en 9 een gemiddelde ammonium-N- en totaal-P-concentratie te schatten en deze te vermenigvuldigen met de gemiddelde kwelintensiteit. De stikstof- en fosforvracht aangevoerd met kwelwater worden per deelgebied weergegeven in bijlagen 10 en 11.

In de deelgebieden waar geen waarden zijn vermeld, vindt netto een neerwaarts transport plaats van nutriënten vanuit het bovenste deel van het profiel (netto-wegzijing). Voor deze deelgebieden zijn geen nutriëntenvrachten berekend omdat de concentraties in het wegzijgende freatische grondwater niet bekend zijn.

### 3.4.3 Nauwkeurigheid berekende stikstof- en fosforvrachten

De weergegeven klassen van de ammonium-N- en totaal-P-concentratie in bijlagen 8 en 9 zijn gebaseerd op weinig punten. Deze bijlagen geven slechts een zeer globaal beeld van de ammonium-N- en totaal-P-concentratie van het diepere grondwater. De berekende stikstof- en fosforvracht aangevoerd via kwel moeten daarom met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd (zie 3.4.2). In aanhangsel 5 wordt verslag gedaan van een literatuurstudie naar de grondwaterkwaliteit van het eerste watervoerend pakket in de AV. Uit deze studie kan worden geconcludeerd dat de nutriëntenconcentraties in het kwelwater een onzekere factor zijn, maar dat de orde van grootte van de nutriëntenconcentraties in het kwelwater zoals ze in dit onderzoek worden weergegeven klopt.

Verder is de berekening van de stikstof- en fosforvracht aangevoerd door kwel gebaseerd op de aanname dat gemiddeld over het jaar deze vrachten volledig in het oppervlaktewater terechtkomen. Dit betekent in de eerste plaats dat de ammonium-N- en totaal-P-concentratie in het kwelwater tijdens het opwaartse transport naar het drainagemiddel niet veranderen. Er is aangenomen dat tijdens het opwaartse transport door het afdekkend pakket evenwicht bestaat tussen de stikstof- en fosforconcentratie van het kwelwater en het permanent verzadigde deel van het afdekkend pakket. Voor stikstof is deze aanname gerechtvaardigd. De belangrijkste component  $\text{NH}_4\text{-N}$  is relatief snel in evenwicht met het bodemcomplex. Omdat de kwel waarschijnlijk al gedurende een lange tijd optreedt, is het aannemelijk dat stikstof in evenwicht is met het bodemcomplex. Voor fosfor duurt het veel langer voordat evenwicht bestaat. Het is daarom onduidelijk of de kwelsituatie al zo lang bestaat dat er sprake is van evenwicht voor fosfor. Omdat gegevens hierover ontbreken, is aangenomen dat de fosforconcentratie (voornamelijk ortho-P) in het kwelwater in evenwicht is met het bodemcomplex.

De aanname dat de gehele kwelvracht in het oppervlaktewater terechtkomt impliceert in de tweede plaats dat deze vracht niet de wortelzone bereikt en daar gedeeltelijk door het gewas wordt opgenomen. Onder Nederlandse omstandigheden heerst een jaarlijks neerslagoverschot wat er voor zorgt dat de opwaarts gerichte kwel ter hoogte van de drainagemiddelen horizontaal wordt afgebogen naar de drainagemiddelen. Dit is weergegeven in figuur 1. De opname door plantenwortels van nutriënten aangevoerd met kwel speelt zodoende geen grote rol. Illustratief hiervoor is ook het feit dat onder Nederlandse condities in gebieden met zoute kwel toch landbouw kan worden bedreven.

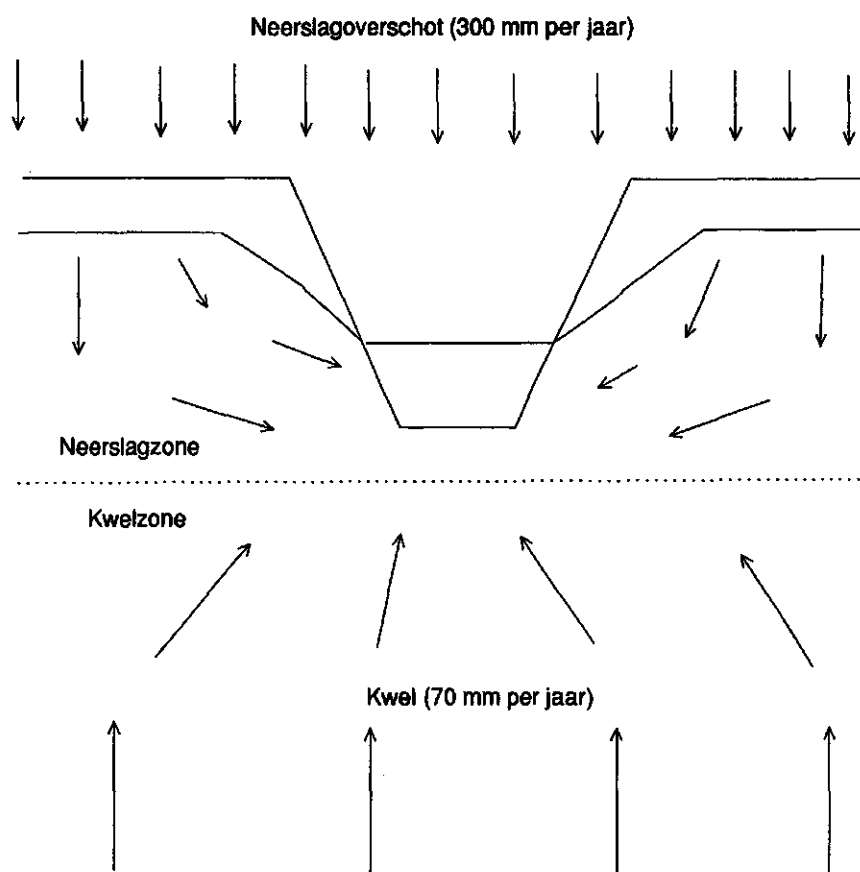


Fig. 1 Schematisatie van grondwaterstromingen in een kwelprofiel

### 3.5 Bemestingsoverschot

Invloed van landbouwkundige activiteiten op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater komt behalve door ontwatering tot uiting door bemesting. Overtollige meststoffen kunnen via de onverzadigde zone uitspoelen naar het grondwater en via het grondwater naar het oppervlaktewater worden getransporteerd. Daarnaast kunnen in veengronden meststoffen snel uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater via krimp-scheuren in het veen en onder natte omstandigheden over het bodemoppervlak afspoelen naar het oppervlaktewater (Hendriks, 1993).

De gegevens van het bemestingsoverschot voor stikstof en fosfor zijn afgeleid uit het rapport van het LEI-DLO (1993). De bemestingsoverschotten in dat rapport zijn bemestingsoverschotten inclusief de atmosferische depositie op het land. Uitgezonderd deze paragraaf en paragraaf 4.1.2 wordt in de rest van onderhavig rapport het bemestingsoverschot gedefinieerd exclusief de atmosferische depositie op het land. De atmosferische depositie wordt dan bij de vermestingsbron 'achtergrondbelasting' gerekend.

Het bemestingsoverschot is door het LEI-DLO berekend door een bodembalans per ha op te stellen voor gemeenten. De aanvoerposten in deze balans zijn behalve depositie op het land, dierlijke mest en kunstmest. Deze aanvoer is verminderd met



de gewasafvoer om tot het overschot te komen. Daarbij is rekening gehouden met de ammoniakvervluchtiging. Alle posten zijn berekend met mest- en ammoniakmodellen van het LEI-DLO. De balansposten kunstmest, dierlijke mest en bemestingsoverschot voor stikstof en fosfor voor 1989 en 1992 worden weergegeven in aanhangsel 6.

Voor de atmosferische depositie van stikstof en fosfor zijn respectievelijk de waarden 35 en 0  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$  genomen. De gewasafvoer van stikstof en fosfor verschilt in 1989 en 1992. Voor 1989 is met een gewasafvoer voor stikstof en fosfor gerekend van respectievelijk 223 en 34  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ; voor 1992 is de gewasafvoer respectievelijk 209 en 31  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$  (LEI-DLO, 1993).

De gegevens in het rapport van LEI-DLO (1993) zijn onderscheiden naar gemeente en bodemgebruiksvorm. In het onderzoeksgebied is grasland de belangrijkste bodemgebruiksvorm. De cultuurgrond bestaat voor 91% uit grasland en voor het overige deel uit bouwland (2%), tuinbouw (5%) en grienden enz. (2%) (De Bruin, 1988).

Om het bemestingsoverschot per deelgebied te berekenen, zijn alleen de gegevens over grasland uit 1992 gebruikt. Omdat de gemeentelijke grenzen en de grenzen van de deelgebieden niet overal samenvallen, zijn gegevens van verschillende gemeenten binnen een deelgebied gemiddeld waarbij gewogen is naar de relatieve oppervlakten van de verschillende gemeenten binnen een deelgebied. Het gemiddelde bemestingsoverschot voor stikstof en fosfor inclusief de depositie op het land is per deelgebied weergegeven in bijlage 12 en 13.

Voor de drie natuurgebieden is het niet mogelijk om het bemestingsoverschot te berekenen omdat de gewasafvoer onbekend is. In het natuurgebied Donkse Laagten vindt geen bemesting meer plaats (dierlijke mest, kunstmest). In het natuurgebied Donkse Laagten wordt nog wel ruwe stalmest gebruikt. Gemiddeld over het gehele gebied wordt per ha per jaar ongeveer 50 kg stikstof en 5 kg fosfor via ruwe stalmest toegediend. Deze toediening vindt echter niet jaarlijks plaats en is niet gelijk voor alle delen van het gebied. Door het hooien vindt gewasafvoer plaats. De gewasafvoer is waarschijnlijk dermate groot dat er sprake is van een negatief bemestingsoverschot.

De twee natuurgebieden in de Vijfheerenlanden zijn nog maar gedeeltelijk gerealiseerd. Op het gedeelte dat al in bezit is van het Zuidhollands Landschap wordt geen dierlijke mest of kunstmest meer toegediend.

## **3.6 Inlaat rivier- en boezemwater**

### **3.6.1 Wateraanvoer**

In droge perioden in de zomer vindt wateraanvoer plaats vanuit de rivieren. Voor de Nederwaard en Overwaard wordt hoofdzakelijk water aangevoerd vanuit de Lek via de uitwateringssluizen te Kinderdijk. Het ingelaten rivierwater wordt via de boezems en inlaatwerken getransporteerd naar het polderwater. In een gebied ter

grootte van 2260 hectaren rond Gorkum en Arkel wordt water ingelaten via drie inlaatpunten vanuit het Merwedekanaal (Tauw, 1993a). Incidenteel wordt nog water aangevoerd via een inlaatpunt bij Ameide.

De wateraanvoer voor de Vijfheerenlanden vindt plaats met een aantal inlaatmiddelen vanuit de Linge, het Merwedekanaal en de Oude Zederik (Tauw, 1993a). Het Merwedekanaal, de Linge en de Oude Zederik ontvangen inlaatwater vanuit de Beneden-Merwede. De verdeling van rivierwater met een verschillende herkomst (Lek, Beneden-Merwede) over de afdelingen is weergegeven in bijlage 14.

### 3.6.2 Hoeveelheden inlaatwater

Over de hoeveelheid water die per deelgebied wordt ingelaten, is geen informatie beschikbaar. Er zijn alleen gegevens over inlaathoeveelheden op 'afdelingsniveau' bekend. Deze gegevens zijn door het Hoogheemraadschap van de AV over de periode 1984 tot en met 1993 ter beschikking gesteld. Ze worden weergegeven in tabel 3.

*Tabel 3 De gemiddelde jaarlijkse inlaathoeveelheden over de periode 1984-1993 per waterstaatkundige afdeling (miljoen m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>) (bron: Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden)*

Afdeling	Inlaathoeveelheid 1984-1993
Nederwaard	2,1*
Overwaard	3,2
Vijfheerenlanden	4,5

\* Voor de Nederwaard is dit exclusief de ingelaten hoeveelheid voor de polder Streefkerk. Van deze polder waren te weinig cijfers beschikbaar.

Uit tabel 3 valt af te leiden dat de hoeveelheden ingelaten water in de Nederwaard kleiner zijn dan in de Overwaard; en in de Overwaard kleiner dan in de Vijfheerenlanden. Het verschil in oppervlakten tussen de afdelingen is klein en vormt dus geen verklaring voor de verschillen in inlaathoeveelheden. De verschillen in inlaathoeveelheden kunnen worden verklaard uit de verschillen in kwelintensiteit. In de Vijfheerenlanden is de gemiddelde kwelintensiteit het laagst; in de Nederwaard het hoogst. Om in de zomer de drooglegging en de grondwaterstandsdiepte ten opzichte van het maai-veld op dezelfde diepte te houden, moet in de Vijfheerenlanden meer water worden ingelaten dan in de Nederwaard. Dit geldt in mindere mate voor de Overwaard.

### 3.6.3 Kwaliteit inlaatwater

Het inlaatwater wordt aangevoerd vanuit de rivieren de Lek en de Beneden-Merwede. De kwaliteit van het rivierwater bij de inlaatpunten Kinderdijk (Lek) en Hardinxveld (Beneden-Merwede) wordt onder andere gemeten door het RIZA in Lelystad. Waterkwaliteitgegevens over de periode 1985-1992 zijn opgevraagd bij het RIZA en worden getoond in tabel 4. Gegevens over 1993 bleken nog niet beschikbaar. Nitraat-N wordt bij de stations Kinderdijk en Hardinxveld niet gemeten. Dit geldt ook voor de component Kjeldahl-N bij het station Kinderdijk. Uit aanvullende gegevens is gebleken dat juist deze componenten een belangrijk aandeel hebben in de totale stikstofconcentratie in het rivierwater. Ook de component totaal-P ontbreekt bij het station Kinderdijk.

Bij de samenwerkende Rijn- en Maas-waterleidingbedrijven, het RIWA, zijn gegevens opgevraagd over de kwaliteit van het rivierwater in 1993 behorend bij het meetpunt Hagestein in de Lek, ten noorden van de Vijfheerenlanden. Deze gegevens zijn gemiddeld voor het zomer- en winterhalfjaar en staan vermeld in tabel 5.

*Tabel 4 Gemiddelde waterkwaliteit in de Lek (Kinderdijk) en de Beneden-Merwede (Hardinxveld) over de periode 1985-1992 voor het zomer- en winterhalfjaar (mg.l<sup>-1</sup>) (bron: RIZA)*

Component	Kinderdijk		Hardinxveld	
	zomer	winter	zomer	winter
Nitriet-N	0,1	0,1	0,1	0,1
Nitraat-N	-*	-	-	-
Ammonium-N	0,2	0,7	0,1	0,6
Kjeldahl-N	-	-	1,0	1,7
Totaal-N	-	-	-	-
Ortho-P	0,19	0,24	0,18	0,24
Totaal-P	-	-	0,40	0,52

\* - = onbekend

*Tabel 5 Gemiddelde waterkwaliteit van de Lek (Hagestein) voor het zomer- en winterhalfjaar van 1993 (mg.l<sup>-1</sup>) (bron: RIWA)*

Component	Zomer	Winter
Ammonium-N	0,1	0,3
Kjeldahl-N	0,7	0,7
Nitraat-N	2,8	4,2
Totaal-N	3,6	5,1
Ortho-P	0,09	0,13
Totaal-P	0,16	0,19

Uit de trend in de ammonium-N- en ortho-P-concentratie van het station Kinderdijk blijkt dat gedurende de periode 1985 tot en met 1992 deze concentraties afnemen en de ammonium-N- en ortho-P-concentraties benaderen die het RIWA geeft voor Hagestein in 1993. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de gegevens van het RIWA uit 1993 passen in de meerjarige trend die voor station Kinderdijk geldt.

Als wordt aangenomen dat het meetpunt Hagestein ook representatief is voor het inlaatpunt Kinderdijk zijn de RIWA-gegevens geschikt om nutriëntenvrachten te berekenen die de AV binnenkomen met het ingelaten rivierwater van de Lek.

De waterkwaliteit van de Beneden-Merwede wordt niet door het RIWA gemeten. Voor deze rivier zijn dus alleen de gegevens beschikbaar van het RIZA. De belangrijke component nitraat-N en de gegevens over 1993 ontbreken voor de Beneden-Merwede. In dit onderzoek is aangenomen dat de gemiddelde nitraat-N- en totaal-P-concentratie voor het station Hardinxveld in de zomer van 1993 gelijk zijn aan die van het station Kinderdijk. Uit tabel 4 is namelijk af te leiden dat de waarden van verschillende andere componenten (nitriet-N, ammonium-N en ortho-P) voor Kinderdijk en Hardinxveld elkaar redelijk benaderen.

In tabel 6 wordt de schatting van de gemiddelde kwaliteit van het water van de Lek en de Beneden-Merwede voor de zomer van 1993 samengevat.

De waterkwaliteit van het ingelaten rivierwater zal tijdens het transport naar de verschillende peilgebieden worden beïnvloed. Bij Kinderdijk stroomt ingelaten rivierwater bijvoorbeeld door de hoge boezem die bestaat uit moerasachtige vegetatie. Deze vegetatie fungeert als een 'natuurlijk' helofytenfilter en beïnvloedt onder andere de nutriëntenconcentraties.

Gedurende het transport door de boezemwateren naar de peilgebieden van de AV zullen de nutriëntenconcentraties van het ingelaten rivierwater ook veranderen. Daarom is besloten om de kwaliteit van het ingelaten rivierwater te vergelijken met waarnemingen van de oppervlaktewaterkwaliteit, uitgevoerd door het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden op een aantal lokaties in de boezemwateren. Van de stikstof- en fosforconcentratie, gemeten op deze lokaties, zijn gemiddelden berekend voor de zomer van 1993 en voor de zomers van de periode 1986 tot en met 1993 (tabel 7).

*Tabel 6 Schatting van de gemiddelde waterkwaliteit van de Lek (Kinderdijk) en de Beneden-Merwede (Hardinxveld) in de zomer van 1993 (mg.l<sup>-1</sup>)*

Rivier	Stikstof	Fosfor
Lek	3,6	0,16
Beneden-Merwede	3,6	0,16

Tabel 7 Waterkwaliteit van de boezemwateren in de Ablasserwaard en de Vijfheerenlanden gemiddeld voor de zomer van 1993 en gemiddeld voor de zomers in de periode 1986 tot en met 1993 (mg.l<sup>-1</sup>) (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden)

Afdeling	Stikstof		Fosfor	
	1993	1986-1993	1993	1986-1993
Nederwaard	2,1	2,7	0,28	0,30
Overwaard	2,1	2,8	0,26	0,29
Vijfheerenlanden	1,8	2,0	0,24	0,25

De gemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in de boezemwateren gedurende de zomer van 1993 zijn relatief laag ten opzichte van het gemiddelde over de periode 1986-1993. Dit wordt ondermeer verklaard door de relatief natte zomer van 1993. Daarnaast is de waterkwaliteit gedurende de afgelopen acht jaar verbeterd. De hoeveelheden ongezuiverde lozingen en de lozingen van effluenten van awzi's en bedrijven op het polderwater zijn de afgelopen jaren bijvoorbeeld afgenomen.

De gemiddelde kwaliteit van het water dat in een deelgebied wordt ingelaten, kan aanzienlijk afwijken van de kwaliteit van het rivierwater dat het onderzoeksgebied wordt ingelaten. Omdat in dit onderzoek waterkwaliteitgegevens ontbreken op tijdstippen dat rivierwater wordt ingelaten, is het niet duidelijk in hoeverre de kwaliteit van het ingelaten rivierwater verandert voordat het wordt ingelaten vanuit de boezemwateren in de deelgebieden.

De verblijftijd van het ingelaten rivierwater in de boezemwateren is een belangrijk gegeven voor het interpreteren en het voorspellen van de waterkwaliteit. De verblijftijd stelt een bovengrens aan de tijdsduur waarin de waterkwaliteit van het instromend water kan veranderen als gevolg van interne dynamiek (Oosterberg et al., 1989). Met interne dynamiek worden waterkwaliteitsprocessen bedoeld als mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie door water en bodem, ad- en desorptie aan de waterbodem, algengroei etc. Omdat de inlaathoeveelheden in de AV klein zijn ten opzichte van het volume van de boezemwateren, is de verblijftijd van het ingelaten rivierwater lang. Dichtbij het inlaatpunt benadert de kwaliteit van het boezemwater het rivierwater gedurende de periode dat rivierwater wordt ingelaten. Verder weg van het inlaatpunt zal de kwaliteit van het rivierwater vanwege de lange verblijftijden veranderen en de kwaliteit van het boezemwater benaderen.

In dit onderzoek worden voor de kwaliteit van het water dat in de deelgebieden wordt ingelaten twee varianten aangehouden: één variant betreft de kwaliteit van het eigenlijke rivierwater, de ander de kwaliteit van het boezemwater. Het produkt van de stikstof- en fosforconcentratie van het ingelaten water en de inlaathoeveelheid geeft de stikstof- en fosforvrucht die via het inlaatwater het onderzoeksgebied binnenkomen.

### **3.7 Ongezuiverde lozingen en effluenten awzi's en bedrijven**

Het aandeel van ongezuiverde lozingen en effluenten van afvalwaterzuiveringsinstallaties (awzi's) en bedrijven aan de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is voor 1989 geschat op respectievelijk 4,2 en 11,2 % voor het gebied Hollandse Eilanden en Waarden (Tauw, 1993b). Het blijkt dat ongezuiverde lozingen en effluenten van awzi's en bedrijven gemiddeld gezien slechts een gering aandeel hebben in de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Lokaal kan het aandeel daarentegen wel groot zijn. Daarnaast neemt dit aandeel steeds verder af door maatregelen als verbetering en uitbreiding van de riolering, het realiseren van zuivertechnische werken etc. De bijdrage van riooloverstorten is in dit onderzoek niet meegenomen, omdat dit een verwaarloosbaar aandeel vormt van de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater (1,7 % voor het gebied Hollandse Eilanden en Waarden; Tauw, 1993b).

#### **3.7.1 Ongezuiverde lozingen**

De stikstof- en fosforvracht die door middel van ongezuiverde lozingen in het oppervlaktewater van het onderzoeksgebied terechtkomen, zijn door het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden per gemeente berekend. Het betreft de stikstof- en fosforvracht die berekend zijn door volumieke hoeveelheden afvalwater te vermenigvuldigen met de totaal-P- en Kjeldahl-N-concentratie waarbij twee verschillende varianten zijn onderscheiden. Voor de minimale variant zijn een totaal-P- en Kjeldahl-N-concentratie van respectievelijk 15 mg.l<sup>-1</sup> en 30 mg.l<sup>-1</sup> genomen; voor de maximale variant een concentratie van respectievelijk 30 mg.l<sup>-1</sup> en 50 mg.l<sup>-1</sup>. Deze concentraties heeft het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden afgeleid uit het rapport 'Behandeling van afvalwater' (Koot, 1980). De vrachten aan totaal-P en Kjeldahl-N zijn per gemeente weergegeven in aanhangsel 7 en gelden voor 1992.

Het rapport 'Integraal Waterbeheersplan Zuid-Holland Zuid' (Tauw, 1993b) doet verslag van de nog te rioleren gebieden in de verschillende gemeenten. Daaruit blijkt dat een groot aantal ongezuiverde lozingen buiten het onderzoeksgebied liggen (buitendijkse terreinen, stedelijke bebouwing van Papendrecht, Hardinxveld en Gorkum). Desalniettemin kunnen lozingspunten die buiten het onderzoeksgebied liggen via watergangen wel bijdragen aan de stikstof- en fosforvrachten binnen het onderzoeksgebied.

Het waterhuishoudingsplan Zuid-Holland (Provincie Zuid-Holland, 1991) geeft gebieden in de AV die uit het oogpunt van waterkwaliteit urgent gerioleerd moeten worden per januari 1991. Deze gebieden zijn weergegeven in zowel bijlage 15 als 16.

### 3.7.2 Effluenten awzi's en bedrijven

In het onderzoeksgebied liggen twee awzi's die lozen op polderwater. De resterende awzi's lozen tegenwoordig op rijkswater (Lek, Beneden-Merwede en Merwedekanaal). De Melkunie in Bleskensgraaf en een kaasfabriek in Schoonrewoerd hebben hun eigen zuiveringsinstallatie en lozen het effluent op polderwater.

Gegevens over de awzi's die op het polderwater lozen, zijn aangeleverd door het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden. Voor 1993 zijn voor beide awzi's het dagdebiet, de Kjeldahl-N-concentratie, de ammonium-N-concentratie, de nitraat-N/nitriet-N-concentraties en de totaal-P-concentratie twaalf maal waargenomen. Bij het berekenen van de gemiddelde concentratie per component is gewogen naar de grootte van het dagdebiet. De effluenten uitgedrukt in concentratie en vracht per jaar worden samengevat in tabel 8.

Tabel 8 Effluenten als concentratie ( $mg.l^{-1}$ ) en als vracht ( $kg.j^{-1}$ ) van de awzi's Leerbroek en Schoonrewoerd voor 1993 (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden)

Component	Leerbroek		Schoonrewoerd	
	concentratie	vracht	concentratie	vracht
Stikstof	16,3	3.800	15,1	2.000
Fosfor	5,5	1.300	3,2	400

Ook over de Melkunie in Bleskensgraaf en de kaasfabriek in Schoonrewoerd zijn bij het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden gegevens opgevraagd. De vrachten aangevoerd met het effluent en de concentraties van het effluent zijn vermeld in tabel 9. Voor de Melkunie dateren de gegevens over de stikstof- en fosforconcentratie uit 1994 en voor de kaasfabriek dateren de concentraties uit 1993. Voor de Melkunie wordt de mogelijkheid onderzocht om de zuiveringsinstallatie in de toekomst aan te sluiten op het riool.

Tabel 9 Effluenten als concentratie ( $mg.l^{-1}$ ) en als vracht ( $kg.j^{-1}$ ) van de Melkunie in Bleskensgraaf (1994) en de Kaasfabriek in Schoonrewoerd (1993) (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden)

Component	Melkunie		Schoonrewoerd	
	concentratie	vracht	concentratie	vracht
Stikstof	34	12.000	11	3.300
Fosfor	14	5.000	12	3.600

### **3.8 Betrouwbaarheid gepresenteerde gebiedskenmerken**

In bijlagen 2 tot en met 16 zijn verschillende gebiedskenmerken van de onderscheiden deelgebieden weergegeven. Deze weergave is niet voor alle deelgebieden even betrouwbaar en gebaseerd op evenveel beschikbare (meet)gegevens. Ook is de informatie niet voor alle deelgebieden even eenduidig. Naarmate meer gegevens beschikbaar zijn en deze gegevens betrouwbaarder en eenduidiger zijn, zal een nadere uitwerking betreffende de milieupotentie van het deelgebied en het rendement van te nemen maatregelen beter mogelijk zijn en betrouwbaardere uitspraken opleveren.

Daarom is een kaart vervaardigd waarop de deelgebieden zijn onderverdeeld in vier klassen van geschiktheid voor nadere uitwerking. De deelgebieden van klasse 1 zijn het minst geschikt voor nadere uitwerking: gegevens zijn weinig voorhanden of onbetrouwbaar en/of niet eenduidig. De deelgebieden van klasse 4 zijn het meest geschikt: van deze gebieden zijn de meest betrouwbare gegevens voorhanden. De kaart wordt weergegeven in bijlage 17.

Bij de indeling in klassen hebben de volgende aspecten een rol gespeeld:

- homogeniteit ten aanzien van de geologische opbouw en de bodemeenheid;
- variatie in maaiveldhoogte: voor de maaiveldhoogte van elk peilgebied is het gemiddelde van de hoogten van beschikbare punten genomen. Naarmate er meer variatie in de maaiveldhoogte is, is de gemiddelde hoogte minder representatief voor de werkelijke hoogte. Eigenschappen die zijn opgehangen aan de maaiveldhoogte zijn dan minder betrouwbaar. Dit zijn de gemiddelde drooglegging, de gemiddelde zomer- en wintergrondwaterstandsdiepte en de kwel- of wegzijgingsintensiteit;
- voorkomen van veen als dominante bodemsoort: de relaties van Schothorst waarmee de gemiddelde zomer- en wintergrondwaterstandsdiepte zijn berekend, gelden in principe voor veenweidegebieden. Het is niet duidelijk in hoeverre deze relaties betrouwbare resultaten geven voor kleigronden. Een betrouwbare waarde voor de gemiddelde grondwaterstandsdiepte is van belang voor een goede inschatting van de kwelintensiteit en de dikte van de onverzadigde zone;
- beschikbaarheid van gegevens over de nutriëntenconcentraties in het diepere grondwater;
- beschikbaarheid van gegevens over de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater.



## 4 Vermesting bodem, freatisch grondwater en oppervlaktewater

De huidige vermisting in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) kan worden onderscheiden naar de vermestingsbron en het compartiment dat vermist wordt. Dit wordt weergegeven in tabel 10.

Tabel 10 De vermisting in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden onderscheiden naar vermestingsbron en compartiment dat vermist wordt

Vermestingsbron	Compartiment		
	bodem	freatisch grondwater	oppervlakte-water
Atmosferische depositie	x	x	x
Bemestingsoverschot	x	x	x
Achtergrondbelasting		x	x
Kwel	(x)	(x)	x
Inlaat rivier- of boezemwater			x
Ongezuiverde lozingen en effluent awzi's en bedrijven			x

x = de vermestingsbron heeft invloed op dit compartiment

(x) = de vermestingsbron kan invloed hebben op dit compartiment (dit is afhankelijk van de definitie van het compartiment)

De invloed van de vermestingsbronnen bemestingsoverschot, achtergrondbelasting en kwel op het compartiment oppervlaktewater vindt plaats via het bodemsysteem (bodem en freatisch grondwater). In dit onderzoek worden deze drie vermestingsbronnen van het oppervlaktewater aangeduid met de term uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater.

In dit hoofdstuk wordt voor de drie waterstaatkundige afdelingen in de AV de huidige milieukwaliteit (concentraties en normen) en de stikstof- en fosforbelasting beschreven van de drie compartimenten bodem (4.1), freatisch grondwater (4.2) en oppervlakte-water (4.3). Daaruit kan worden afgeleid welke vermestingsbron een belangrijke aandeel heeft in de vermisting van een compartiment. Het 'grovere' niveau van de afdelingen is gekozen boven het fijnere niveau van de deelgebieden om in dit hoofdstuk een globale indruk te geven van de vermisting. Daarnaast zijn niet alle belangrijke gebiedskenmerken (bijvoorbeeld inlaat van rivierwater) op 'deelgebiedsniveau' bekend. Dit hoofdstuk vormt een handvat voor de nadere uitwerking van de vermisting van enkele deelgebieden in hoofdstuk 6.

## **4.1 Bodem**

In deze paragraaf wordt aandacht besteed aan de huidige milieukwaliteit van de bodem in de AV (4.1.1). Verder worden in deze paragraaf de bijdragen behandeld van verschillende vermistingsbronnen (aangevoerd via het maaiveld) aan de vermisting van de wortelzone (4.1.2). Tenslotte wordt ingegaan op het fosforbindend vermogen van de bodem (4.1.3) en de mogelijke fosforverzadiging als gevolg van het bemestingsoverschot (4.1.4).

### **4.1.1 Huidige milieukwaliteit**

Voor de bodem bestaan nog geen milieukwaliteitseisen. Ook met betrekking tot natuurfuncties zijn nog geen normen gedefinieerd (bron: Steenhof). Daarentegen werkt de provincie Zuid-Holland met streefwaarden die op landbouwkundige argumenten zijn gebaseerd. Het fosforgehalte van de bouwvoor is geclusterd tot een 'hoog', 'voldoende' en 'laag' fosforgehalte (Provincie Zuid-Holland, 1994d).

Door de provincie Zuid-Holland is in 1989 en 1992 onder andere het fosforgehalte op grasland tot een diepte van 5 cm onderzocht (Provincie Zuid-Holland, 1994d). Uit de resultaten volgde dat 20% van de 1248 waarnemingen het fosforgehalte 'hoog' had, 62% het fosforgehalte 'voldoende' en 18% het fosforgehalte 'laag'. In de gemeenten Liesveld en Nieuw-Lekkerland, gelegen in het noordelijk deel van de Alblasserwaard, is het percentage van de waarnemingen dat in de klasse 'hoog' valt respectievelijk 30 tot 60% en meer dan 60% (Provincie Zuid-Holland, 1994d). Tussen 1989 en 1992 is in het gehele onderzoeksgebied het areaal dat een hoog fosforgehalte heeft (tot 5 cm diepte), licht afgenomen.

Wanneer sprake is van de fosforgehalten 'hoog' en 'voldoende' is de reserve aan fosfor in de bouwvoor dermate hoog dat de agrariër het advies krijgt minder fosfor toe te dienen dan het gewas onttrekt. Als wordt aangenomen dat de waarnemingen redelijk verspreid liggen over het onderzoeksgebied betekent dit dat voor 82% van de oppervlakte van de AV bovenstaand advies geldt.

In 1992 was de bruto-belasting van fosfor in de AV hoger dan de gewasonttrekking (LEI-DLO, 1993) zodat er een netto-belasting van fosfor plaatsvond. Afhankelijk van het fosforbindend vermogen van de grond zou dit op den duur aanleiding kunnen geven tot uitspoeling van fosfor. Wel dient te worden opgemerkt dat het fosforgehalte slechts tot een diepte van 5 cm is onderzocht en dat daardoor geen volledig beeld wordt gegeven van het fosforgehalte in het gehele bodemprofiel.

Voor stikstof bestaat geen streefwaarde omdat hiervoor geen eenvoudige landbouwkundige beoordeling bestaat. De bodemvoorraad van stikstof is weinig constant, omdat dit mineraal makkelijk vervluchtigt of uitspoelt naar het grond- en oppervlaktewater (Provincie Zuid-Holland, 1994d). Het eutroof bosveen en broekveen in de AV heeft een relatief hoog stikstofgehalte hetgeen betekent dat in de bodem veel organisch-N is opgeslagen. De bemestingshistorie heeft ook invloed op het nutriënten-

gehalte van de organische stof in de wortelzone. Uit onderzoek van Hendriks (1993) blijkt dat de organische stof in de wortelzone van het natuurgebied Donkse Laagten ten opzichte van andere natuurterreinen in 1991 een hoog gehalte aan nutriënten had als gevolg van het intensief landbouwkundig gebruik tot 1984.

In de AV waar nutriëntenrijke kwel voorkomt, zal het diepere gedeelte van het bodemprofiel zijn opgeladen met nutriënten aangevoerd met het kwelwater. Dit geldt vooral de component stikstof in het centrale gedeelte van de Alblasserwaard waar kwel met een relatief hoge ammoniumconcentratie wordt aangevoerd.

#### 4.1.2 Vermestingsbronnen

In deze paragraaf worden de bijdragen van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie op het land aan de vermisting van het ondiepe gedeelte van de bodem behandeld. Alleen het ondiepe deel van de bodem wordt beschouwd, omdat dit gedeelte direct wordt beïnvloed door de aanvoer van nutriënten via het maaiveld. Daarnaast is dit deel van de bodem interessant in verband met de natuurwaarden (terrestische flora).

Het aangeven van een achtergrondbelasting van het ondiepe gedeelte van de bodem heeft geen zin, omdat de kenmerken van de bodem zoals het organisch stofgehalte en de opladingsgraad de achtergrondbelasting van het freatisch grondwater en het oppervlaktewater juist veroorzaakt. De bijdrage van kwel aan de vermisting van de wortelzone wordt verwaarloosd (laatste alinea 3.4.3; fig. 1).

*Tabel 11 De aan- en afvoer van stikstof via het maaiveld (kunstmest, dierlijke mest, gewasafvoer) en het bemestingsoverschot inclusief atmosferische depositie op het land, uitgedrukt als absolute ( $10^3 \text{ kg.j}^{-1}$ ) en relatieve (%) (tov de totale aanvoer via het maaiveld) vracht in 1992 (bewerkte gegevens van LEI-DLO, 1993)*

Aan- en afvoertermen	Nederwaard		Overwaard		Vijfheerenlanden	
	absoluut	relatief	absoluut	relatief	absoluut	relatief
Kunstmest	1604	36	1913	37	2612	46
Dierlijke mest	2526	57	2902	56	2655	47
Atmosferische depositie op het land	336	7	381	7	379	7
Totale aanvoer via het maaiveld	4466	100	5196	100	5646	100
Gewasafvoer	-2007	-45	-2272	-44	-2265	-40
Bemestingsoverschot	2459 (256)	55	2924 (269)	56	3381 (312)	60

de getallen tussen haakjes geven het bemestingsoverschot in  $\text{kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$

Tabel 12 De aan- en afvoer van fosfor via het maaiveld (kunstmest, dierlijke mest, gewasafvoer) en het bemestingsoverschot, uitgedrukt als absolute ( $10^3 \text{ kg.j}^{-1}$ ) en relatieve (%) (tov de totale aanvoer via het maaiveld) vracht in 1992 (bewerkte gegevens van LEI-DLO, 1993)

Aan- en afvoertermen	Nederwaard		Overwaard		Vijfheerenlanden	
	absoluut	relatief	absoluut	relatief	absoluut	relatief
Kunstmest	54	12	52	11	66	14
Dierlijke mest	381	88	438	89	409	86
Totale aanvoer via het maaiveld	435	100	490	100	475	100
Gewasafvoer	-298	-69	-337	-69	-336	-71
Bemestingsoverschot	137 (14)	31	153 (14)	31	139 (13)	29

de getallen tussen haakjes geven het bemestingsoverschot in  $\text{kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$

De tabellen 11 en 12 geven de gemiddelde jaarlijkse aanvoer van stikstof en fosfor over de bovenrand van het bodemsysteem: het maaiveld. Het bemestingsoverschot is wat netto via het maaiveld (aanvoer - gewasafvoer) in het bodemsysteem terecht- komt. Evenals in paragraaf 3.5 is hier de atmosferische depositie bij het bemestings- overschot gerekend.

In de Vijfheerenlanden wordt in vergelijking met de twee andere afdelingen meer stikstofkunstmest en minder dierlijke mest toegediend (tabel 11). De atmosferische depositie op het land heeft een relatief klein aandeel in de totale aanvoer van stikstof via het maaiveld. Het bemestingsoverschot voor stikstof is aanzienlijk en schommelt tussen de 55 en 60% van de totale aanvoer. Het bemestingsoverschot in  $\text{kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  is in de Nederwaard het laagst en in de Vijfheerenlanden het hoogst (tabel 11; bijlage 12). De verklaring hiervoor is dat in de veenweidegebieden zoals de Nederwaard en de Overwaard door mineralisatie van organische stof stikstof vrijkomt voor het gewas. Vanwege de extra stikstofmineralisatie wordt in deze gebieden minder mest aan de bodem toegediend.

Dierlijke mest heeft een groot aandeel in de totale aanvoer van fosfor via het maaiveld (tabel 12). Tussen de drie afdelingen bestaan geen grote verschillen. Het aandeel van het bemestingsoverschot is ongeveer een derde van de totale aanvoer.

#### 4.1.3 Fosforbindend vermogen klei- en veengronden

Voor de koopveen-, weideveen- en waardveengronden in de provincie Zuid-Holland hebben Schoumans et al. (1988) het fosforbindend vermogen onderzocht. Het fosfor- bindend vermogen van veengronden is afhankelijk van de grondwatertrap behorend bij die gronden. De 'nattere' veengronden met een gemiddeld hoogste grondwater-

stand (GHG) tussen 0 en 0,25 m - mv en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) tussen 0,50 en 0,80 m - mv hebben een fosforbindend vermogen van 5 tot 10 ton  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (2,2 tot 4,4 ton P ha<sup>-1</sup>). Veengronden met een diepere GHG en GLG hebben een fosforbindend vermogen van meer dan 10 ton  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (> 4,4 ton P ha<sup>-1</sup>).

Het fosforbindend vermogen van de kleigronden tot aan de gemiddelde hoogste grondwaterstand ligt voor enkele profielen in de provincie Zuid-Holland in het traject van 10 tot 100 ton  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (4,4 tot 44 ton P ha<sup>-1</sup>) (Schoumans et al., 1988).

#### 4.1.4 Fosforverzadiging klei- en veengronden

Een bodemprofiel wordt met fosfor verzadigd beschouwd wanneer na verloop van tijd de fosforconcentratie in het freatisch grondwater ter hoogte van de GHG als gevolg van de uitwisseling met het bodemcomplex en uitspoeling een bepaalde waarde zal overschrijden. Dit betekent dat al van verzadiging wordt gesproken als het fosforbindend vermogen nog maar gedeeltelijk is verbruikt en het fosforfront de GHG nog niet is genaderd. De reden hiervoor is dat een deel van het gebonden fosfor reversibel is opgeslagen. Het reversibel deel kan uitspoelen waardoor de fosforconcentratie in het freatisch grondwater ter hoogte van de GHG toeneemt.

Voor zandgronden wordt aangenomen dat de verhouding tussen het niet-reversibel en het reversibel fosfor ongeveer 3 bedraagt. De grenswaarde voor de fosforconcentratie in het freatisch grondwater ter hoogte van de GHG is voor zandgronden 0,1 mg.l<sup>-1</sup> ortho-P. Op grond van de verhouding tussen reversibel en niet-reversibel fosfor en de grenswaarde van 0,1 mg.l<sup>-1</sup> ortho-P wordt berekend dat voor zandgronden een bodemprofiel is verzadigd wanneer een kwart van het fosforbindend vermogen is verbruikt (TBC, 1990).

De verzadiging van klei- en veengronden is moeilijk in te schatten omdat niet bekend is welk deel van het fosforbindend vermogen van veen- en kleigronden reversibel is. Daarnaast is voor de klei- en veengronden in dit onderzoek geen streefwaarde gevonden voor de ortho-P-concentratie in het freatisch grondwater. Voor de totaal-P-concentratie in het freatisch grondwater van klei- en veengronden geldt een streefwaarde van 3 mg.l<sup>-1</sup> (Ministerie van VROM, 1990a).

Als wordt aangenomen dat de verhouding tussen reversibel en niet-reversibel voor klei- en veengronden hetzelfde is als voor de zandgronden (1/4) en de streefwaarde van 3 mg.l<sup>-1</sup> totaal-P ook geldt als streefwaarde voor de ortho-P-concentratie in het freatisch grondwater dan treedt verzadiging op wanneer 90% van het fosforbindend vermogen is verbruikt. Dit hoge getal wordt verkregen doordat de streefwaarde die voor de ortho-P-concentratie in freatisch grondwater van klei- en veengronden is aangenomen, aanzienlijk hoger is dan de streefwaarde voor zandgronden. Omdat de ortho-P-concentratie waarschijnlijk kleiner zal zijn dan de streefwaarde van 3 mg.l<sup>-1</sup> totaal-P, zal verzadiging optreden wanneer minder dan 90% van het fosforbindend vermogen is verbruikt. De schattingen voor de fosforverzadiging gelden eigenlijk voor een lage fosforconcentratie in het freatisch grondwater. Het is de vraag of de

berekeningsmethode voor zand toegepast mag worden op klei- en veengronden met hun hogere streefwaarden voor de fosforconcentratie. Verder is onduidelijk of 1/4 van het fosforbindend vermogen reversibel is in veen.

Aan de hand van het deel van het fosforbindend vermogen waarbij verzadiging optreedt en het jaarlijks bemestingsoverschot voor fosfor, is te berekenen hoeveel jaren het duurt voordat klei- en veengronden verzadigd zijn. Als het fosforbindend vermogen  $2,2 \text{ ton P ha}^{-1}$  (nattere veengronden) is en het jaarlijkse bemestingsoverschot  $14 \text{ kg P ha}^{-1}$  bedraagt (tabel 12) dan treedt na 140 jaar fosforverzadiging op. Als wordt aangenomen dat het reversibel deel van het fosforbindend vermogen veel hoger is, bijvoorbeeld 80%, dan treedt na 72 jaar fosforverzadiging op. Deze berekeningen geven aan dat met de in dit onderzoek aangenomen streefwaarde van  $3 \text{ mg.l}^{-1}$  ortho-P in het freatisch grondwater fosforverzadiging voorlopig niet optreedt.

Het uitspoelen van fosfor vanuit het (gedeeltelijke) verzadigde bodemcomplex treedt nog lang op nadat de bemesting is gereduceerd. In de studie van Kroes et al. (1990) wordt geconcludeerd dat in Nederland de fosforafvoer vanuit het bodemsysteem naar het oppervlaktewater zelfs bij het meest strenge mestbeleid tot ver in de 21<sup>e</sup> eeuw zal blijven toenemen. Ook uit de studie van Hendriks et al. (1994) blijkt uit modelberekeningen dat voor toekomstige natuurgebieden in Bergambacht, waar geen bemesting meer plaatsvindt, de fosforuitspoeling gedurende de berekeningsperiode van 35 jaar relatief hoog blijft voornamelijk als gevolg van het desorberen van fosfor vanaf het bodemcomplex.

## **4.2 Freatisch grondwater**

De huidige milieukwaliteit van het freatisch grondwater in de AV kan slechts zeer globaal worden beschreven door het ontbreken van voldoende gegevens (4.2.1). De bijdrage van de verschillende bronnen aan de vermesting van het freatisch grondwater wordt daarom in kwalitatieve termen behandeld (4.2.2).

### **4.2.1 Huidige milieukwaliteit**

De huidige milieukwaliteit van het freatisch grondwater is van belang in verband met eventueel voorkomende natuurwaarden. De streefwaarden voor stikstof in het freatisch grondwater zijn onderscheiden voor ammonium-N en nitraat-N en bedragen respectievelijk 10 en  $5,6 \text{ mg.l}^{-1}$  (Ministerie van VROM, 1990b). De streefwaarde voor de totaal-P-concentratie in het freatisch grondwater bedraagt voor klei- en veengebieden  $3 \text{ mg.l}^{-1}$  (Ministerie van VROM, 1990a). Deze streefwaarden zijn jaargemiddelden en daarnaast enigszins gedateerd (bron: Steenhof).

De kwaliteit van het freatisch grondwater is in verschillende onderzoeken door de provincie Zuid-Holland gemeten. Het gaat om de volgende onderzoeken (Provincie Zuid-Holland, 1993b):

- inventariserende onderzoeken bodem en freatisch water '83-'92;
- meetnet vermessing freatisch grondwater '89-'92.

De waarnemingen behorend bij deze onderzoeken betreffen een beperkt aantal meetlokaties en slechts 1 à 2 waarnemingen per meetlokatie gedurende de meetperiode. Deze waarnemingen zijn ontoereikend om een volledig beeld te geven van de milieukwaliteit van het freatisch grondwater. De waarnemingen vormen enkele momentopnamen van de milieukwaliteit. Het beeld dat deze waarnemingen geven, is sterk afhankelijk van bemonsteringsomstandigheden zoals het tijdstip van bemonstering in relatie tot het tijdstip van bemesting.

Enkele waarnemingen bevatten hoge nitraat-N-concentraties die ver boven de streefwaarde van  $5,6 \text{ mg.l}^{-1}$  liggen. Hoge waarden voor nitraat-N komen in het algemeen niet voor in veenweidegebieden. In het anaërobe en organische-stof-rijke veen verdwijnt het grootste deel van het nitraat dat niet door planten wordt opgenomen door denitrificatie (Hendriks, 1993). De plaatselijk hoge gehalten aan nitraat-N, waargenomen in de AV, kunnen veroorzaakt zijn door een relatief diepe ontwatering (waardoor de denitrificatie minder is in de grotere en drogere onverzadigde zone dan in minder ontwaterde percelen) in combinatie met bemonstering direct na een hoge mestgift voordat het mestnitraat is gedenitrificeerd. Geen enkele waarneming heeft een waarde voor ammonium-N die hoger is dan de streefwaarde van  $10 \text{ mg.l}^{-1}$ . Voor organisch-N bestaat geen norm of streefwaarde. Vaak zijn in de waarnemingen hoge organisch-N-concentraties aangetroffen.

Vastgesteld kan worden dat de totaal-P-concentratie in het freatisch grondwater bij alle waarnemingen onder de streefwaarde van  $3 \text{ mg.l}^{-1}$  ligt. Streefwaarden voor de organisch-P- en ortho-P-concentratie zijn niet bekend.

Op grond van de beperkte set waarnemingen van het freatisch grondwater en de ervaringen opgedaan in soortgelijke studiegebieden (Hendriks, 1993; Hendriks et al., 1994) kan worden geconcludeerd dat fosfor aan de streefwaarde voor freatisch grondwater voldoet. Voor stikstof is geen conclusie te trekken. Daarvoor zijn de waarnemingen zowel geografisch als met betrekking tot de tijdreeks te beperkt in omvang.

#### **4.2.2 Vermestingsbronnen**

Ook voor het freatisch grondwater vormen kunstmest, dierlijke mest en de atmosferische depositie op het land belangrijke vermessingsbronnen (tabel 11 en 12). De bijdrage van deze vermessingsbronnen verloopt meer indirect dan voor de wortelzone, omdat de stikstof en fosfor gedurende het transport naar het freatisch grondwater bloot staan aan verschillende processen (mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, sorptieprocessen etc.). Andere vermessingsbronnen van het freatisch grondwater zijn de achtergrondbelasting (mineralisatie van veen, opgeladen bodemcomplex) en de kwel.

Hendriks (1991) heeft het freatisch grondwater van landbouwpercelen op laagveengronden in Nederland vergeleken met het freatisch grondwater van natuurterreinen op laagveengronden. Over het algemeen blijken de mineraal-N- en totaal-N-concentratie hoger te zijn voor de landbouwpercelen. De organisch-N-concentratie is ongeveer gelijk voor landbouwpercelen en natuurterreinen. De nitraatconcentratie van de landbouwpercelen is over het algemeen hoger dan die van de natuurterreinen, maar absoluut gezien en in verhouding tot de totale hoeveelheid stikstof in het freatisch grondwater komt geen hoge nitraatconcentratie ten gevolge van bemesting voor in veenweidegebieden. De ammoniumconcentratie van de landbouwpercelen is hoger dan die van de natuurterreinen als gevolg van uitspoelende meststoffen. Door de aanwezigheid van een kleilaag in een veenprofiel kan de ammoniumconcentratie lager zijn dan bij een veenprofiel zonder kleilaag doordat het ammonium door de klei wordt vastgelegd (Hendriks, 1993). Dit zou betekenen dat in het oosten van de AV en rondom de stroomruggen waar de kleilaag op het veen dikker is, de ammoniumconcentratie in het freatisch grondwater lager is dan in de resterende gebieden van de AV. De beperkte set waarnemingen van de provincie Zuid-Holland lijkt dit te bevestigen.

De ortho-P- en totaal-P-concentratie van de landbouwpercelen op veengrond zijn bij de vergelijking van Hendriks (1991) bijna alle gelijk aan of lager dan die van vergelijkbare natuurterreinen. Dit wijst erop dat het fosfor afkomstig van meststoffen wordt gebonden aan het bodemcomplex. In de AV komt overal een kleidek voor. Van west naar oost wordt het kleidek gemiddeld dikker. Verwacht wordt dat een groot deel van het fosfor afkomstig van meststoffen wordt gebonden aan het bodemcomplex van vooral de kleilaag waardoor de fosforconcentratie in het freatisch grondwater relatief laag zal zijn.

Behalve door landbouwkundige ingrepen zoals bemesting, worden de stikstof- en fosforconcentratie van het freatisch grondwater bepaald door de profielopbouw van de bodem. Een bodem die rijk is aan organische stof (veen), heeft van nature potentieel een hogere stikstofconcentratie (vooral in de vorm van ammonium-N en organisch-N) en hogere fosforconcentratie in het grondwater dan een minerale bodem (Hendriks, 1993). In de AV is het aanwezige veen voedselrijk (eutroof). In grote delen van het onderzoeksgebied komt dit veen in de onverzadigde zone voor. Naar het oosten van het onderzoeksgebied en richting de stroomruggen bestaat de bovengrond meer uit klei en neemt het gehalte aan organische stof af. Het bovenste profiel is daardoor minder voedselrijk.

Een ander aspect van de profielopbouw is de opladingsgraad met nutriënten van het bodemcomplex. De opladingsgraad met stikstof hangt af van de voedingsgraad van het veen. Belangrijker is echter de historie met betrekking tot het optreden van kwel of wegzijging. In een (historische) situatie met nutriëntenrijke kwel kan het bodemcomplex sterk zijn opgeladen met nutriënten (Hendriks, 1993). In het natuurgebied Donkse Laagten is de oplading met ammonium-N en ortho-P van het bodemcomplex duidelijk terug te vinden in de concentraties van ammonium-N en van ortho-P in het freatisch grondwater (zie Hendriks, 1993). Beneden 0,50 m - mv zijn in dit gebied de ammonium-N- en ortho-P-concentratie in het freatisch grondwater als gevolg van de oplading duidelijk hoger. Het natuurgebied Donkse Laagten ligt in het centrale



deel van de Alblasserwaard. Dit deel wordt gekenmerkt door een relatief hoge ammonium-N- en ortho-P-concentratie in het kwelwater. Daardoor zal het freatisch grondwater in het centrale deel van de Alblasserwaard net als in het natuurgebied Donkse Laagten een relatief hoge ammonium-N- en ortho-P-concentratie bevatten.

### 4.3 Oppervlaktewater

In deze paragraaf wordt de huidige milieukwaliteit van het oppervlaktewater in de AV beschreven (4.3.1). Vervolgens worden de vermistingsbronnen behandeld die bijdragen aan de vermisting van het oppervlaktewater (4.3.2).

#### 4.3.1 Huidige milieukwaliteit

De oppervlaktewaterkwaliteit in de AV is weergegeven als de gemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater gedurende de zomer en het gehele jaar in 1993. Dit jaar is genomen om een zo actueel mogelijk beeld te verkrijgen. Per deelgebied is voor stikstof en fosfor een zomer- en jaargemiddelde berekend voor 1993 op grond van maandelijkse waarnemingen betreffende totaal-N, nitraat-N/nitriet-N, Kjeldahl-N, ammonium-N, ortho-P en totaal-P (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden). De verschillende meetlokaties zijn opgesplitst in meetlokaties die zich bevinden in boezemwateren, hoofdwatgangen en sloten. Als een deelgebied meerdere lokaties bevat, zijn de waarden gemiddeld voor het deelgebied. Niet in elk deelgebied liggen meetlokaties. Van deze deelgebieden zijn dus geen waterkwaliteitsgegevens bekend. De zomer- en jaargemiddelden voor stikstof en fosfor zijn weergegeven in bijlage 15 en 16.

De normen waaraan oppervlaktewater volgens de algemene milieukwaliteit (AMK) moet voldoen, zijn voor stikstof en fosfor respectievelijk  $2,2 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-N en  $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-P (Provincie Zuid-Holland, 1991). Deze normen betreffen zomergemiddelden in eutrofiëring gevoelige, stagnante wateren. In de provincie Zuid-Holland wordt daarnaast een ecologisch beoordelingssysteem voor zoete, kleine wateren toegepast. De normen voor fosfor en ammonium van dit beoordelingssysteem staan in aanhangsel 8. De provincie Zuid-Holland hanteert de BMK-norm (Bijzonder Milieukwaliteit) van  $0,30 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-P voor de zomergemiddelde fosforconcentratie in kleine watersystemen zoals sloten. In dit onderzoek wordt de AMK-norm van  $2,2 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-N voor de stikstofconcentratie en de BMK-norm van  $0,30 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-P voor de fosforconcentratie gebruikt om de milieukwaliteit van het oppervlaktewater te beoordelen.

Uit de gegevens gepresenteerd in bijlage 15 en 16 is af te leiden dat vrijwel alle zomerwaarden voor de totaal-N-concentratie lager zijn dan de winterwaarden. Dit wordt veroorzaakt doordat in de zomer kroos en hogere waterplanten relatief veel stikstof opnemen waardoor de concentraties sterk dalen (Hendriks et al., 1994). De meeste deelgebieden in de AV hebben zomerwaarden voor de totaal-N-concentratie

die hoger zijn dan de AMK-norm. De zomerwaarden voor de fosforconcentratie zijn vrijwel allemaal hoger dan de winterwaarden. Een hogere zomerwaarde wijst op nalevering van fosfor uit de waterbodem (Oosterberg et al., 1989). De nalevering van fosfor vanuit de waterbodem overheerst blijkbaar het effect van de opname van fosfor door de biomassa in het oppervlaktewater. Voor de totaal-P-concentratie hebben een beperkt aantal deelgebieden in de AV zomerwaarden die lager zijn dan de BMK-norm.

Per afdeling zijn aan de hand van de gegevens van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden de gemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater (hoofdwaterringen en sloten) berekend voor de zomer van 1993 (tabel 13).

*Tabel 13 Gemiddelde stikstof- en fosforconcentratie (mg.l<sup>-1</sup>) in hoofdwaterringen en sloten in de Nederwaard, Overwaard en de Vijfheerenlanden voor de zomer van 1993 (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden)*

Component	Nederwaard	Overwaard	Vijfheerenlanden
Totaal-N	3,1	2,8	3,0
Totaal-P	0,50	0,55	0,62

De gemiddelde stikstofconcentratie verschilt weinig tussen de afdelingen en is ongeveer 1,4 keer zo groot als de AMK-norm. De gemiddelde fosforconcentratie neemt toe van west (Nederwaard) naar oost (Vijfheerenlanden). In alle afdelingen is de fosforconcentratie beduidend hoger dan de BMK-norm: in de Nederwaard is de fosforconcentratie 1,7 keer zo hoog als de BMK-norm en in de Vijfheerenlanden 2,1 keer zo hoog.

Uit onderzoek uitgevoerd door de Grontmij blijkt dat de totaal-N-concentratie in de hoofdwaterringen van de Vijfheerenlanden in het zomerhalfjaar van 1990 voor 15 van de 20 onderzochte gebieden voldoet aan de AMK-norm (bron: Provincie Zuid-Holland). Voor de kleinere waterringen (sloten) in de Vijfheerenlanden blijkt op grond van gegevens van de Rijksuniversiteit Utrecht (RUU) (1989 tot en met 1991) dat het merendeel van de onderzochte gebieden gemiddeld voldoet aan de AMK-norm voor de totaal-P-concentratie (0,15 mg.l<sup>-1</sup>) (bron: Provincie Zuid-Holland). De onderzoeken van de Grontmij en de RUU geven voor de Vijfheerenlanden aan dat de stikstof- en vooral de fosforconcentratie in het oppervlaktewater lagere waarden hebben dan de waarden in tabel 13 die zijn gebaseerd op gegevens van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden.

Wanneer de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater van de verschillende afdelingen met elkaar worden vergeleken (tabellen 22 en 23) blijkt dat de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in 1993 in de Vijfheerenlanden duidelijk lager is dan in de Nederwaard en de Overwaard. Dit zou betekenen dat de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in de Vijfheerenlanden voor 1993 juist lager zouden moeten zijn dan de concentraties in de Nederwaard en de Overwaard.

De relatief lage stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in de Vijfheerenlanden ten opzichte van de andere afdelingen en de lagere stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater die in de onderzoeken van de Grontmij en de RUU worden gegeven ten opzichte van de gegevens van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden (tabel 13), maken het moeilijk om de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater van de Vijfheerenlanden in tabel 13 te verklaren. Het is de vraag of de gegevens over de oppervlaktewaterkwaliteit van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden voor 1993 representatief zijn voor de Vijfheerenlanden. Daarnaast zijn deze gegevens een momentopname en gelden voor een zomer die meteorologisch niet gemiddeld was.

### **4.3.2 Vermestingsbronnen**

De bijdragen aan de huidige vermessing van het oppervlaktewater betreffen de vermessingsbronnen:

- uit- en afspoeling van nutriënten vanuit en vanaf de bodem (4.3.2.1);
- inlaat van rivier- of boezemwater (4.3.2.2);
- ongezuiverde lozingen en effluent awzi's en bedrijven (4.3.2.3);
- atmosferische depositie op het wateroppervlak.

Het meemesten van oppervlaktewater bij het opbrengen van kunstmest en dierlijke mest is in dit onderzoek niet meegenomen. Uit onderzoek van Twisk et al. (1991) blijkt dat meemesten voor stikstof 4-8% en voor fosfor 15-40% bijdraagt aan het deel van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater dat door het toedienen van mest wordt veroorzaakt. Voor stikstof is het effect van het meemesten van het oppervlaktewater klein. Voor fosfor is het effect groter, maar vanwege het ontbreken van gegevens over het meemesten van het oppervlaktewater in de AV is dit effect niet meegenomen.

#### **4.3.2.1 Uit- en afspoeling van nutriënten vanuit en vanaf de bodem**

De uit- en afspoeling van nutriënten vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater vormt vaak meer dan de helft van de totale belasting van het oppervlaktewater in veenweidegebieden (Jansen, 1988). De emissie van nutriënten vanuit en vanaf de bodem bestaat uit de onderdelen:

- bemestingoverschot;
- achtergrondbelasting;
- kwel.

Het bemestingoverschot is exclusief de atmosferische depositie op het land. De atmosferische depositie op het land die bijdraagt aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater wordt bij de achtergrondbelasting gerekend.

De stikstof- en fosforvrucht die uit- en afspoelen vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater zijn niet eenvoudig af te leiden. Om deze vruchten te bepalen, is het gebruik van modellen noodzakelijk. Dit was binnen deze studie vanwege de randvoorwaarden uitgesloten. Daarom is met gegevens en expertise uit de literatuur en vergelijkbare onderzoeken van Hendriks (1993) en Hendriks et al. (1994) getracht de stikstof- en fosforvrucht die uit- en afspoelen vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater in te schatten.

### ***Bemestingsoverschot***

Invloed van landbouwkundige activiteiten op de uitspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater komt behalve door ontwatering tot uiting door bemesting. Overtollige meststoffen kunnen via de onverzadigde zone uitspoelen naar het grondwater en via het grondwater naar het oppervlaktewater worden getransporteerd. Daarnaast kunnen in veengronden meststoffen snel uitspoelen naar het grondwater via krimpscheuren in het veen en onder natte omstandigheden over het bodemoppervlak afspoelen naar het oppervlaktewater. De mate van ontwatering (zie 3.2, grondwaterstandsdiepten) is in belangrijke mate van invloed op deze beide processen (Hendriks, 1993).

In het bodemsysteem vinden verschillende processen als mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, uitwisseling met het bodemcomplex, vastlegging door de biomassa etc. plaats, die invloed hebben op de stikstof- en fosforgehalten en -concentraties in de bodem en het freatisch grondwater. Deze processen bepalen mede hoeveel van het bemestingsoverschot uiteindelijk uit- en afspoelt. Door de onderlinge samenhang van de verschillende processen, en de vaak tegengestelde werking hiervan, is het niet goed mogelijk om de effecten en de invloed van deze processen op bodem en grondwater op een goede manier in te schatten zonder gebruik te maken van simulatiemodellen. Zoals al eerder is aangegeven lag het gebruik van simulatiemodellen in dit onderzoek buiten de mogelijkheden. Daarom is gezocht naar resultaten en expertise uit vergelijkbare onderzoeken.

Hendriks (1993) heeft de invloed onderzocht van de toename van het bemestingsoverschot op de toename van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Daaruit blijkt dat dit verband eenduidig is. Daarnaast bestaat een duidelijk verband tussen de toename van de stikstof- en fosforbelasting door bemesting en de drooglegging: naarmate het profiel dieper is ontwaterd, is de toename van de belasting onder invloed van bemesting geringer.

Een van de percelen uit het onderzoek van Hendriks (1993) ligt in het natuurgebied Donkse Laagten. Met de gegevens afgeleid van modelresultaten van het onderzoek van Hendriks (1993) is voor het natuurgebied Donkse Laagten een lineaire regressie uitgevoerd tussen het bemestingsoverschot en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater door bemesting voor drie verschillende droogleggingen: 0,20, 0,45 en 0,70 m - mv. De lineaire-regressie-relatie luidt als volgt:

$$y = a \cdot x + b$$

y = belasting van het oppervlaktewater veroorzaakt door bemesting ( $\text{mg.l}^{-1}$  of  $\text{kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$ );

x = bemestingsoverschot ( $\text{kg.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$ );

a, b = regressiecoëfficiënten.

*Tabel 14 De berekende coëfficiënten van de lineaire regressie tussen het bemestingoverschot en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater door bemesting (gemiddelde concentratie en als vracht), voor de droogleggingen 0,20, 0,45 en 0,70 m - mv (berekend op basis van gegevens voor Donkse Laagten van Hendriks, 1993)*

Droog- legging	Stikstof				Fosfor			
	conc.		vracht		conc.		vracht	
	a	b	a	b	a	b	a	b
0,20	0,0138	4,25	0,0781	12,5	0,0329	-0,0134	0,1129	-0,0174
0,45	0,0149	2,93	0,0610	11,5	0,0271	-0,0667	0,1094	-0,3150
0,70	0,0024	1,00	0,0118	5,0	0,0114	0,0011	0,0534	0,0453

De relatie met bijbehorende coëfficiënten is berekend voor stikstof en fosfor (uitgedrukt als gemiddelde concentratie in het uit- en afspoelende water en als vracht) voor de droogleggingen 0,20, 0,45 en 0,70 m - mv (tabel 14). In aanhangsel 9 staan de modelresultaten waarop de lineaire regressie-relaties zijn gebaseerd.

Hoewel de bovenstaande relatie is gebaseerd op modelresultaten is het een empirische relatie en geen procesbeschrijving. De relatie geldt strikt voor situaties waarin bemesting wordt toegepast.

De in de relatie berekende uit- en afspoeling van nutriënten als gevolg van bemesting geldt voor een evenwichtssituatie. Wanneer het bemestingoverschot afneemt, treedt de met de relatie berekende uit- en afspoeling van nutriënten behorend bij het nieuwe bemestingsniveau pas na een bepaalde periode op. Dit is het gevolg van het oude bemestingsniveau die het bodemprofiel tot op een zekere hoogte heeft verrijkt met nutriënten. Vooral voor fosfor werkt de bemestingshistorie lang door.

Voor het toepassen van de relatie is aangenomen dat het perceel in het natuurgebied Donkse Laagten representatief is voor het gehele onderzoeksgebied. Voor het veenweidegebied in de AV is dit een redelijk nauwkeurige benadering. De modelberekeningen van Hendriks (1993) hebben namelijk niet zozeer betrekking op de typische situatie van het natuurgebied Donkse Laagten maar op eutroof bosveen in het algemeen. De typische randvoorwaarden van Donkse Laagten zoals de kwelsituatie en drainage-omstandigheden zijn in de modelberekeningen veranderd om te komen tot uitspraken over het gedrag van eutroof veen onder diverse omstandigheden voor onder andere bemesting.

Voor de kleigronden is het echter onzeker of deze relatie realistische uitkomsten geeft. Ten opzichte van veengebieden spelen bij klei processen die de nutriëntenbelasting kunnen verlagen (grotere adsorptie) maar ook kunnen verhogen (meer sneltransport via krimpscheuren, minder denitrificatie). Voor kleigronden was echter geen andere relatie beschikbaar tussen het bemestingoverschot en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater door bemesting. Ook voor de kleigronden van de AV is daarom de bovenstaande relatie gebruikt.

Om de bijdrage van het bemestingoverschot aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor een afdeling te berekenen is per afdeling een gemiddeld bemestingoverschot en een gemiddelde jaarlijkse drooglegging berekend. Daarbij is rekening gehouden met de relatieve oppervlakten die de deelgebieden innemen binnen een afdeling. Vervolgens is per afdeling het gemiddeld bemestingsoverschot ingevuld in de bovenstaande relaties. Uit de relaties volgt voor elke

afdeling de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater als gevolg van bemesting voor de droogleggingen 0,20, 0,45 en 0,70 m - mv. Door interpolatie met een kwadratische functie tussen de drie bekende droogleggingen wordt de stikstof- en fosforbelasting verkregen voor de heersende drooglegging (tabel 15). De heersende gemiddelde droogleggingen in de Nederwaard, de Overwaard en de Vijfheerenlanden zijn respectievelijk 0,51, 0,60 en 0,62 m - mv.

In aanhangsel 9 wordt uitgewerkt hoe voor de drie afdelingen een fout in de drooglegging via de bovenstaande relaties doorwerkt in het schatten van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater, veroorzaakt door bemesting. Het blijkt dat voor de Overwaard en de Vijfheerenlanden de afwijking in de stikstofbelasting bij een fout in de drooglegging van 0,1 m vrij groot is (40-67%). Voor de Nederwaard en voor de fosforbelasting is deze afwijking geringer (18-32%). Toch geven de bovenstaande relaties geen onrealistische waarden en wordt de orde van grootte, gegeven de regionale schaal van het onderzoek, redelijk ingeschat. De absolute waarde van de berekende waarden is minder betrouwbaar maar de richting van de processen klopt: bij grotere droogleggingen neemt de nutriëntenbelasting door bemesting af, (vooral stikstof) en bij een groter bemestingsoverschot neemt deze nutriëntenbelasting toe.

*Tabel 15 Gemiddeld bemestingsoverschot en stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater door bemesting (als gemiddelde concentratie en als vracht) per afdeling voor de heersende drooglegging (berekend op basis van gegevens voor Donkse Laagten van Hendriks, 1993)*

	Stikstof			Fosfor		
	NW	OW	VL	NW	OW	VL
Gem. bemestingsoverschot (kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )*	221	234	277	14,3	14,1	12,8
Belasting bij heersende drooglegging (mg.l <sup>-1</sup> )	5,4	3,9	3,9	0,28	0,23	0,19
Belasting bij heersende drooglegging (kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )	22	17	16	1,1	1,0	0,8

NW = Nederwaard

OW = Overwaard

VL = Vijfheerenlanden

\* exclusief atmosferische depositie op het land

### **Achtergrondbelasting**

De achtergrondbelasting is de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater in een zo min mogelijk door de mens beïnvloede situatie. Deze definitie omvat tevens de uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem tengevolge van atmosferische depositie van mineralen op het land. Hendriks (1993) geeft de volgende definitie van de achtergrondbelasting in veenweidegebieden: de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater in onbemeste veenweidegebieden met een traditionele drooglegging van 0,20-0,30 m - mv bij de actuele atmosferische depositie van mineralen. Bronnen van nutriënten zijn hierbij de bodem (het veen), de aanvoer via kwel uit de diepere ondergrond en de atmosferische depositie. De chemische samen-

stelling van het water na het passeren van het bodemsysteem is afhankelijk van de profielopbouw en de chemische rijkdom van de bodem. Om een schatting te maken van de achtergrondbelasting moet daarom rekening worden gehouden met de variatie in bodemeenheden in het onderzoeksgebied.

In de literatuur zijn waarden bekend voor de achtergrondbelasting van het oppervlaktewater voor veen- en rivierkleigronden. Uit gegevens van Rijtema (1976) is voor rivierkleigronden een achtergrondbelasting met stikstof berekend van  $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . De achtergrondbelasting van het oppervlaktewater met fosfor bedraagt voor rivierklei ca.  $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (Rijtema en Toussaint, 1983).

Hendriks (1993) berekende voor stikstof voor het eutrofe veen van een perceel in Donkse Laagten een achtergrondbelasting zonder kwelinvloed van  $16 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Voor fosfor berekende Hendriks voor dit perceel een achtergrondbelasting zonder kwelinvloed van  $1,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Deze waarden voor de achtergrondbelasting gelden voor een veenprofiel zonder kwel- of wegzijgingsinvloeden, en voor een gemiddeld meteorologisch jaar. Ze kunnen als representatief worden gezien voor de achtergrondbelasting met nutriënten van het oppervlaktewater in een eutroof laagveengebied onder gemiddelde omstandigheden en zonder kwelinvloed.

De bovengenoemde achtergrondbelasting voor het natuurgebied Donkse Laagten kan worden geëxtrapoleerd naar andere gebieden met eutroof veen, omdat de berekeningen van Hendriks (1993) niet zozeer betrekking hebben op de typische situatie van Donkse Laagten maar op eutroof bosveen in het algemeen. Voor fosfor geldt dit in mindere mate, omdat naast de veensoort (voedselrijkdom) ook de opladingsgraad van het bodemcomplex van het veen een rol speelt. Dit is een gegeven dat per lokatie zou kunnen wisselen.

Omdat in de AV de drooglegging afwijkt van de traditionele drooglegging van 0,20 à 0,30 m - mv waarvoor de achtergrondbelasting geldt, zou de achtergrondbelasting (belasting vanuit het veenprofiel zonder kwelinvloed) voor veengebieden in de AV kunnen afwijken van de waarden die Hendriks (1993) geeft. Hendriks (1993) heeft onderzocht wat de invloed is van een grotere drooglegging op de belasting van het oppervlaktewater in een situatie zonder kwel en wegzijging. Het blijkt dat de belasting aan stikstof en fosfor dan nauwelijks verandert omdat compenserende processen elkaar in evenwicht houden. De bovengenoemde waarden voor de achtergrondbelasting aan stikstof en fosfor zonder kwelinvloed in veengebieden gelden daarom ook voor een grotere drooglegging zoals in de AV.

Bovengenoemde waarden voor de achtergrondbelasting zijn gebruikt om per afdeling een schatting te maken van de achtergrondbelasting zonder kwelinvloed (tabel 16). Daarvoor is het onderzoeksgebied onderverdeeld in veen- en rivierkleigronden en zijn de oppervlakten bepaald die deze bodemeenheden innemen binnen een afdeling.

De drechtvaaggronden nemen een bijzonder positie in. Voor de achtergrondbelasting van stikstof worden de drechtvaaggronden tot de kleigronden gerekend en voor de achtergrondbelasting van fosfor tot de veengronden. De reden hiervoor is dat de uitspoeling van stikstof plaatsvindt vanuit de onverzadigde zone die bij drechtvaaggronden in het onderzoeksgebied voornamelijk uit klei bestaat. Voor de uitspoeling van fosfor is de grondsoort onder de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) van belang (Hendriks, 1993). Deze bestaat voor de drechtvaaggronden in het onderzoeksgebied hoofdzakelijk uit veen.

Tabel 16 Aandeel klei- en veengronden (%) en schattingen van de achtergrondbelasting aan stikstof en fosfor van het oppervlaktewater zonder kwelinvloed ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) per afdeling

Afdeling	Klei	Veen	Achtergrondbelasting (zonder kwel)	
			stikstof	fosfor
Nederwaard	15 (2)*	85 (98)	14	1,1
Overwaard	33 (10)	67 (90)	12	1,0
Vijfheerenlanden	80 (50)	20 (50)	6	0,6

\* 15 voor stikstof: drechtvaaggronden bij kleigronden gerekend  
(2) voor fosfor: drechtvaaggronden bij veengronden gerekend

De schattingen van de achtergrondbelasting in tabel 16 gelden voor een drooglegging van 0,20 à 0,30 m - mv zonder kwel- en wegzijgingsinvloeden. De nutriëntenbelasting veroorzaakt door kwel in de AV wordt in de volgende alinea's behandeld.

### **Kwel**

Behalve de uit- en afspoeling vanuit en vanaf het ondiepe profiel vindt in een kwel-situatie uitspoeling van nutriënten plaats vanuit de diepere ondergrond (afdekkend pakket). In het onderzoeksgebied geldt voor de meeste deelgebieden een kwelsituatie. De stikstof- en fosforvrachten aangevoerd door het kwelwater zijn per deelgebied berekend in paragraaf 3.4.2. Om nutriëntenvrachten per afdeling te verkrijgen, zijn deze vrachten voor alle deelgebieden binnen een afdeling gemiddeld (tabel 17). Hierbij is rekening gehouden met de relatieve oppervlakten die de deelgebieden binnen een afdeling innemen.

Aangenomen is dat een evenwichtssituatie bestaat tussen de hoeveelheid stikstof en fosfor aan het bodemcomplex van het afdekkend pakket en de concentraties van deze nutriënten in het kwelwater. Verder wordt aangenomen dat de nutriënten aangevoerd met kwel niet de wortelzone bereiken en daar gedeeltelijk door het gewas wordt opgenomen (zie 3.4.3; fig. 1). Door bovenstaande aannamen wordt verondersteld dat gemiddeld over het jaar gezien de stikstof- en fosforvracht aangevoerd door kwel volledig in het oppervlaktewater terechtkomen.

Tabel 17 Gemiddelde stikstof- en fosforvrachten aangevoerd door kwel ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) per afdeling

Afdeling	Stikstofvracht	Fosforvracht
Nederwaard	20	1,1
Overwaard	5	1,3
Vijfheerenlanden*	1	0,4

\* Vijfheerenlanden exclusief deelgebieden die netto-wegzijgingsgebieden zijn

De kwelvrachten zijn het produkt van kwelintensiteit en nutriëntenconcentraties in het kwelwater. Zowel de kwelintensiteit als de stikstofconcentratie in het kwelwater zijn gemiddeld het hoogst in de Nederwaard en het laagst in de Vijfheerenlanden.



De stikstofvracht aangevoerd door kwel is daarom vele malen groter in de Nederwaard dan in de Vijfheerenlanden. De stikstofvracht in de Overwaard ligt hier tussenin. De fosforvracht aangevoerd door kwel is het grootst in de Overwaard. De fosforconcentratie in het kwelwater is hier gemiddeld hoger dan in beide andere afdelingen.

#### 4.3.2.2 Inlaat rivier- of boezemwater

In de zomer gedurende perioden van waterbehoefte wordt rivierwater de verschillende afdelingen binnengelaten. In paragraaf 3.6 zijn de inlaathoeveelheden en de kwaliteit van het rivierwater behandeld. Zoals blijkt uit paragraaf 3.6.3 worden in dit onderzoek voor de kwaliteit van het ingelaten rivierwater twee varianten aangehouden om de stikstof- en fosforvrachten te berekenen: variant 1 betreft de kwaliteit van het eigenlijke rivierwater en variant 2 betreft de kwaliteit van het boezemwater. Verder is in paragraaf 3.6.3 aangenomen dat geen verschil bestaat in de kwaliteit van het rivierwater tussen de Lek (Kinderdijk) en de Beneden-Merwede (Hardinxveld). De verdeling van de inlaathoeveelheden van de twee verschillende rivieren over de afdelingen speelt onder deze aanname geen rol meer.

*Tabel 18 Variant 1: Gemiddelde hoeveelheden inlaatwater (milj. m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>) (bron: Hoogheemraadschap AV) en gemiddelde stikstof- en fosforvrachten aangevoerd met het ingelaten rivierwater (10<sup>3</sup> kg.j<sup>-1</sup>) per afdeling en geschatte concentraties van het water (mg.l<sup>-1</sup>) van de Lek (Kinderdijk) en de Beneden-Merwede (Hardinxveld) in 1993 (bron: RIWA)*

Afdeling	Hoeveelheid inlaatwater*	Concentratie		Vracht	
		stikstof	fosfor	stikstof	fosfor
Nederwaard	2,1	3,6	0,16	7,6	0,3
Overwaard	3,2	3,6	0,16	11,6	0,5
Vijfheerenlanden	4,5	3,6	0,16	16,3	0,7

\* Gemiddelde jaarlijkse inlaathoeveelheden voor de periode 1984-1992

*Tabel 19 Variant 2: Gemiddelde hoeveelheden inlaatwater (milj. m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>) (bron: Hoogheemraadschap AV) en gemiddelde stikstof- en fosforvrachten aangevoerd met het ingelaten boezemwater (10<sup>3</sup> kg.j<sup>-1</sup>) per afdeling en gemiddelde concentraties van het boezemwater (mg.l<sup>-1</sup>) in de zomer van 1993 (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden)*

Afdeling	Hoeveelheid inlaatwater*	Concentratie		Vracht	
		stikstof	fosfor	stikstof	fosfor
Nederwaard	2,1	2,1	0,28	4,4	0,6
Overwaard	3,2	2,1	0,26	6,7	0,8
Vijfheerenlanden	4,5	1,8	0,24	8,1	1,1

\* Gemiddelde jaarlijkse inlaathoeveelheden voor de periode 1984-1992

De berekende stikstof- en fosforvracht die het onderzoeksgebied binnenkomen met het ingelaten water worden in de tabellen 18 en 19 voor beide varianten getoond. De berekende stikstofvracht is bij variant 1 bijna twee keer zo hoog als bij variant 2. Voor de fosforvrachten geldt het omgekeerde.

#### 4.3.2.3 Ongezuiverde lozingen en effluent van awzi's en bedrijven

De bijdrage van ongezuiverde lozingen en effluenten van awzi's en bedrijven aan de totale stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater (tabel 20) zijn berekend met de gegevens uit paragraaf 3.7. De gegevens over ongezuiverde lozingen zijn bekend per gemeente. Ze zijn gemiddeld voor de drie verschillende afdelingen, rekening houdend met de relatieve oppervlakten die de gemeenten innemen binnen een afdeling. Voor de berekening van de vrachten aangevoerd door de ongezuiverde lozingen is het gemiddelde genomen tussen de minimale en maximale variant (aanhangel 7). Aangenomen is dat de Kjeldahl-N-concentratie de totale stikstofconcentratie in de ongezuiverde lozingen benadert.

*Tabel 20 Stikstof- en fosforvrachten ( $10^3 \text{ kg.j}^{-1}$ ) naar het oppervlaktewater aangevoerd met ongezuiverde lozingen (1992) en effluenten van awzi's en bedrijven (1993/1994) (bron: Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden)*

Afdeling	Ongezuiverde lozingen		Effluent awzi/bedrijven	
	stikstof	fosfor	stikstof	fosfor
Nederwaard	2	1,3	12,0	5,0
Overwaard	3	1,6	-	-
Vijfheerenlanden	2	1,0	9,1	5,3

- = geen awzi's of bedrijven aanwezig die lozen op polderwater

#### 4.3.2.4 Resumé

In deze paragraaf worden de verschillende bijdragen aan de vermisting van het oppervlaktewater van de drie afdelingen samengevat. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater worden gevormd door de posten bemestingoverschot, achtergrondbelasting en nutriëntenvrachten aangevoerd door kwel. Voor de posten bemestingoverschot en achtergrondbelasting is bij de berekening van de vrachten per oppervlakte-eenheid naar de absolute hoeveelheden per afdeling een correctie uitgevoerd in verband met de verhouding land : water. Het wateroppervlak binnen een afdeling heeft immers geen aandeel in deze posten. Voor de nutriëntenvrachten aangevoerd met kwel is de correctie niet toegepast omdat de kwelvrachten over het gehele oppervlakte (land + water) aan de onderkant van het afdekkend pakket het bodem- en oppervlaktewatersysteem binnenkomen.

*Tabel 21 Schattingen van het oppervlakte (land + water) (ha) en het aandeel oppervlaktewater (%) (hoofdwatergangen en sloten) hierin per afdeling in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (naar: De Bruin, 1988)*

Afdeling	Oppervlakte land + water	Aandeel oppervlaktewater
Nederwaard	10.208	5,9
Overwaard	11.675	6,9
Vijfheerenlanden	11.408	5,0

Schattingen van het oppervlak (land + water) en het aandeel oppervlaktewater hierin worden in tabel 21 gegeven.

Behalve de uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem worden de volgende vermessingsbronnen van het oppervlaktewater onderscheiden:

- atmosferische depositie van stikstof op het wateroppervlak;
- ingelaten rivier- of boezemwater;
- ongezuiverde lozingen en effluenten van awzi's en bedrijven.

In de tabellen 22 en 23 wordt per afdeling een overzicht gegeven van de jaarlijkse stikstof- en fosforvrucht naar het oppervlaktewater, veroorzaakt door de onderscheiden vermessingsbronnen, en het aandeel van deze vrachten ten opzichte van de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Voor de nutriëntenvrachten aangevoerd met inlaatwater (zie 4.3.2.2) is voor het overzicht alleen de tweede variant (concentraties boezemwater) genomen, omdat verschillen tussen de beide varianten voor stikstof en fosfor verwaarloosbaar zijn in vergelijking met de vrachten van andere vermessingsbronnen.

Bij de interpretatie van de tabellen 22 en 23 moet worden opgemerkt dat, gezien de aannamen die zijn gedaan om de vrachten te berekenen en de rekenkundige bewerkingen die zijn uitgevoerd van peilgebied naar deelgebied en van deelgebied naar afdeling, de tabellen een globaal beeld geven van de verschillende vermessingsbronnen. Daarom moet niet teveel waarde worden gehecht aan absolute getallen maar meer aan de verhoudingen onderling.

Verder geven de tabellen alleen een beeld voor een geheel jaar en is niet eenvoudig aan te geven hoe de stikstof- en fosforvrucht resulteren in een stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. De uiteindelijke stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater worden behalve door de aanvoer van stikstof en fosfor ook bepaald door de bijbehorende hoeveelheden water (waterbalansen) en verschillende waterkwaliteitsprocessen in het water en de waterbodem zoals mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, sorptieprocessen in de waterbodem, vastlegging door algengroei etc. De tabellen 22 en 23 geven uitsluitend een schatting van de hoeveelheden stikstof en fosfor die als gevolg van de aanwezige vermessingsbronnen over een geheel jaar het oppervlaktewater belasten.

Tabel 22 Schatting van de absolute ( $10^3 \text{ kg.j}^{-1}$ ) en relatieve (% van het totaal) stikstofvrachten naar het oppervlaktewater per vermistingsbron, in 1993 voor de Nederwaard, de Overwaard en de Vijfheerenlanden (kwaliteit inlaatwater volgens variant 2: boezemwater)

Vermestingsbron	Nederwaard		Overwaard		Vijfheerenlanden	
	absoluut	relatief	absoluut	relatief	absoluut	relatief
Uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem	548	93,3	368	90,6	247	86,4
<i>onderverdeeld in:</i>						
- bemestingsoverschot	211	35,9	185	45,5	173	60,5
- nutriëntenvracht kwel	199	33,9	56	13,8	13	4,5
- achtergrondbelasting	138	23,5	127	31,3	61	21,4
Inlaat (variant 2)	4	0,7	7	1,7	8	2,8
Ongezuiverde lozingen en effluent awzi's en bedrijven	14	2,4	3	0,8	11	3,8
Atmosferische depositie op het oppervlaktewater	21	3,6	28	6,9	20	7,0
Totaal	587	100	406	100	287	100

Tabel 23 Schatting van de absolute ( $10^3 \text{ kg.j}^{-1}$ ) en relatieve (% van het totaal) fosforvrachten naar het oppervlaktewater per vermistingsbron, in 1993 voor de Nederwaard, de Overwaard en de Vijfheerenlanden (kwaliteit inlaatwater volgens variant 2: boezemwater)

Vermestingsbron	Nederwaard		Overwaard		Vijfheerenlanden	
	absoluut	relatief	absoluut	relatief	absoluut	relatief
Uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem	33	82,5	38	92,6	19	73,1
<i>onderverdeeld in:</i>						
- bemestingsoverschot	11	27,5	11	26,8	9	34,6
- nutriëntenvracht kwel	11	27,5	16	39,0	4	15,4
- achtergrondbelasting	11	27,5	11	26,8	6	23,1
Inlaat (variant 2)	1	2,5	1	2,5	1	3,8
Ongezuiverde lozingen en effluent awzi's en bedrijven	6	15,0	2	4,9	6	23,1
Atmosferische depositie op het oppervlaktewater	0	0	0	0	0	0
Totaal	40	100	41	100	26	100

Uit de tabellen 22 en 23 blijkt dat de post uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater veruit het grootste aandeel heeft in de totale jaarlijkse stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. De relatief grote stikstof- en fosforvracht die horen bij deze post krijgen een andere betekenis als ze worden uitgesplitst naar een zomer- en winterwaarde en worden vergeleken met waterbalansen voor de bodem. De uit- en afspoeling vindt voornamelijk plaats in de winter en gaat gepaard met grote hoeveelheden uit- en afspoelend water. In de zomer is de post uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem minder groot. Andere posten

zoals de inlaat, de ongezuiverde lozingen etc. zijn dan relatief belangrijk. Voor het oppervlaktewater zijn de nutriëntenconcentraties in de zomer juist van belang in verband met de AMK- en BMK-normen die voor de zomer gelden (zie 4.3.1). Welke invloed de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvracht vanuit en vanaf de bodem hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater in de zomer komt aan de orde in hoofdstuk 6 waarin drie deelgebieden nader worden uitgewerkt.

Omdat de oppervlakten van de verschillende afdelingen bij benadering even groot zijn (tabel 21), kunnen ook de absolute cijfers tussen de afdelingen onderling met elkaar worden vergeleken. De absolute hoeveelheid stikstof behorende bij de post uit- en afspoeling neemt af van de Nederwaard naar de Overwaard en van de Overwaard naar de Vijfheerenlanden. In de Overwaard is vooral de stikstofvracht aangevoerd met kwelwater kleiner in vergelijking met de Nederwaard. Dit is het gevolg van een lagere stikstofconcentratie in het kwelwater. In de Vijfheerenlanden is zowel de stikstofvracht aangevoerd met kwelwater als de achtergrondbelasting aan stikstof van het oppervlaktewater veel kleiner dan bij beide andere afdelingen. De relatief kleine kwelvracht is het gevolg van een lagere kwelintensiteit en een lagere stikstofconcentratie in het kwelwater in vergelijking met de andere afdelingen. De achtergrondbelasting aan stikstof is relatief laag omdat de Vijfheerenlanden voor een groter gedeelte uit kleigronden bestaat.

De onderlinge verhouding tussen het bemestingsoverschot, de kwelvrachten en de achtergrondbelasting verschilt per afdeling. Het relatieve aandeel van het bemestingsoverschot in de uit- en afspoeling van stikstof vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater is in de Vijfheerenlanden groter dan in de Overwaard, en in de Overwaard groter dan in de Nederwaard. Dit is het gevolg van de kleinere bijdrage aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater van de kwel en de achtergrondbelasting in de Vijfheerenlanden en de Overwaard.

De atmosferische depositie van stikstof op het oppervlaktewater is de tweede belangrijke vermistingsbron. Deze vermistingsbron is vele malen kleiner dan de uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem. Het aandeel van de atmosferische depositie is groter dan het gezamenlijke aandeel van de ongezuiverde lozingen, de effluënten van de awzi's en bedrijven, en stikstofvrachten aangevoerd met ingelaten rivierwater. Het aandeel van de stikstofvracht aangevoerd met ingelaten rivierwater is in de Nederwaard en de Vijfheerenlanden kleiner dan het gezamenlijke aandeel van de ongezuiverde lozingen, en de effluënten van de awzi's en bedrijven. Voor de Overwaard geldt het omgekeerde.

De absolute bijdrage aan de fosforbelasting van de uit- en afspoeling van fosfor vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater is bij de Vijfheerenlanden aanzienlijk kleiner dan bij de andere afdelingen. Dit is het gevolg van een kleinere fosforvracht aangevoerd met kwelwater en een lagere achtergrondbelasting. De relatief kleine kwelvracht is de resultante van een lagere kwelintensiteit en een lagere fosforconcentratie in het kwelwater in vergelijking met de andere afdelingen. De achtergrondbelasting aan fosfor is relatief laag omdat de Vijfheerenlanden voor een groter gedeelte uit kleigronden bestaat.

De fosforvrucht aangevoerd door kwel is het grootst in de Overwaard. De fosforconcentratie in het kwelwater is gemiddeld het hoogst in deze afdeling. Het relatieve aandeel van het bemestingsoverschot in de uit- en afspoeling is bij fosfor evenals bij stikstof het grootst in de Vijfheerenlanden. Hiervoor geldt dezelfde verklaring als bij stikstof. Absoluut gezien is het aandeel van het bemestingsoverschot in de uit- en afspoeling van fosfor in de Nederwaard en de Overwaard gelijk; relatief gezien is het aandeel kleiner in de Overwaard door het groter aandeel van de kwel in deze afdeling.

Het aandeel van de ongezuiverde lozingen en het effluent van de awzi's en de bedrijven in de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater in de Vijfheerenlanden omvat ongeveer een kwart van de totale fosforbelasting. Dit relatief grote aandeel wordt veroorzaakt door twee awzi's en een kaasfabriek die hun effluent lozen op polderwater. In de Nederwaard neemt deze post ook een belangrijk aandeel in de totale fosforbelasting in. Dit wordt veroorzaakt door een bedrijf in Bleskensgraaf die effluent loost op polderwater. Inlaat van boezemwater is een belangrijkere fosfor- dan stikstofbron maar is voor de totale fosforbelasting, op de atmosferische depositie na, de minst belangrijke bron. De atmosferische depositie van fosfor is verwaarloosbaar en is daarom op nul gesteld.

## **5 Maatregelen en hun rendement**

In dit hoofdstuk worden maatregelen voor het terugdringen van de vermisting globaal en kwalitatief behandeld op 'afdelingsniveau', voor de Nederwaard, de Overwaard en de Vijfheerenlanden. In hoofdstuk 6 wordt dit verder uitgewerkt voor drie deelgebieden. De effecten van maatregelen op de bodem en het freatisch grondwater, en op het oppervlaktewater komen respectievelijk aan de orde in 5.1 en 5.2. De bodem en het freatisch grondwater hebben in dit hoofdstuk minder aandacht gekregen omdat hierover relatief weinig gegevens bekend zijn. Daarnaast heeft de expertise uit onderzoeken van onder andere Hendriks (1993) en Hendriks et al. (1994) voornamelijk betrekking op de vermisting van het oppervlaktewater.

### **5.1 Maatregelen bodem en freatisch grondwater**

Maatregelen die perspectieven bieden voor de bodem en het grondwater zijn:

- terugdringen van het bemestingsoverschot (5.1.1);
- verschrallen van de bodem (5.1.1);
- afplaggen van de bodem (5.1.1);
- peilbeheer (5.1.2).

#### **5.1.1 Terugdringen bemestingsoverschot en verschrallen en afplaggen van de bodem**

De maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' kan in verschillende gradaties worden uitgevoerd. De provincie Zuid-Holland streeft ernaar om in de AV in 2000 een evenwichtsbemesting te bereiken. Verder kan in natuurgebieden de bodem worden verschraald. Er worden dan meer nutriënten via het gewas afgevoerd dan aangevoerd via mest.

De effecten van de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' worden pas na een relatief lange periode zichtbaar. In het bovenste deel van de bodem (wortelzone) is als gevolg van de bemesting van voorafgaande jaren een voorraad stikstof en fosfor opgeslagen. In dit deel van de bodem zijn de stikstof- en fosforgehalten van de organische stof relatief hoog. Als het bemestingsoverschot wordt verminderd, zal de stikstof- en fosforvoorraad maar langzaam afnemen. De nalevering van stikstof en fosfor zal door mineralisatie van de nutriëntenrijke organische stof gedurende tientallen jaren relatief hoog zijn.

Daarnaast is het bodemcomplex als gevolg van de bemestingshistorie opgeladen met voornamelijk ortho-P en ammonium. Na het verminderen van de bemesting zal het bodemcomplex gedurende tientallen jaren relatief veel nutriënten blijven naleveren. Voor fosfor is deze periode langer dan voor stikstof en kan vele tientallen tot honder-

den jaren bedragen. Door middel van verschralen en vooral afplaggen van de bodem kunnen de effecten van een verminderd bemestingsoverschot worden versneld. Het afplaggen betekent dat de bovenste laag van de bodem, die is verrijkt door bemesting, wordt verwijderd.

Voor de effecten van de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' op de stikstof- en fosforconcentratie in het freatisch grondwater geldt hetzelfde als voor de bodem. Na het verminderen van het bemestingsoverschot zullen de stikstof- en fosforconcentratie nog een lange periode relatief hoog zijn. Dit is het gevolg van mineralisatie van met nutriënten verrijkte organische stof en de desorptie van nutriënten vanaf het bodemcomplex.

De drooglegging, en daarmee de onverzadigde zone, is in de AV redelijk groot. In de onverzadigde zone wordt ammonium onder invloed van zuurstof omgezet in nitraat (nitrificatie). De ammonium-N-concentratie in het freatisch grondwater zal daarom waarschijnlijk onder de streefwaarde van  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  blijven.

Nitraat wordt in de anaërobe verzadigde zone in aanwezigheid van organische stof gedenitrificeerd en verdwijnt naar de lucht als stikstofgas. Omdat in de AV de bodems veel organische stof bevatten (veengronden en kleigronden met veen in de ondergrond) is de verwachting dat de nitraatconcentratie in het freatisch grondwater laag zal zijn. Het terugdringen van het bemestingsoverschot is voor de nitraatconcentratie daarom minder relevant. Alleen lokaal in de Vijfheerenlanden op de zandige stroomruggen kan het terugdringen van het bemestingsoverschot belangrijk zijn voor de nitraatconcentratie in het freatisch grondwater. De zandige stroomruggen hebben bodems met weinig organische stof. Het nitraat wordt dan (gedeeltelijk) niet gedenitrificeerd en kan uitspoelen.

Voor 'nattere' veengronden met een relatief laag fosforbindend vermogen, zoals in de Nederwaard, is de kans op verzadiging met fosfor aanwezig. De maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' kan op de korte termijn in de Nederwaard daarom belangrijker zijn voor de fosforconcentratie in het freatisch grondwater dan in de Overwaard en de Vijfheerenlanden. Op de lange termijn is de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' belangrijk voor alle drie de afdelingen.

### **5.1.2 Ingrepen peilbeheer**

Het opzetten van het peil betekent een vernatting van het bodemprofiel waardoor de concurrentie om zuurstof tussen veen en meststoffen zal toenemen. De kans wordt dan groter dat zuurstoftekort ontstaat, waardoor ammonium en organische meststoffen uitspoelen en de concentraties in het freatisch grondwater toenemen. Hierdoor wordt de kans groot dat de streefwaarde die geldt voor de ammonium-N-concentratie ( $10 \text{ mg.l}^{-1}$ ) in het freatisch grondwater wordt overschreden.

Het verlagen van het peil geeft een grotere drooglegging waardoor het bodemprofiel meer zuurstof bevat. Door een groter aanbod van zuurstof wordt meer organisch-N



gemineraliseerd tot ammonium, en meer ammonium omgezet in nitraat (nitrificatie) waardoor de nitraatconcentratie toeneemt. Door de overmaat aan organische stof in het verzadigde veenprofiel wordt nitraat gedenitrificeerd en verdwijnt als gasvormig stikstof uit het profiel. In de Vijfheerenlanden waar stroomruggen met zandige kernen voorkomen, zal minder nitraat denitrificeren. De nitraatconcentraties in het freatisch grondwater zullen in deze gebieden bij een verlaagd peil hoger zijn. De streefwaarde van 5,6 mg.l<sup>-1</sup> nitraat-N kan dan eventueel worden overschreden. In combinatie met wegzijging is het mogelijk dat lokaal het diepere grondwater wordt beïnvloed door een hogere nitraatconcentratie.

Een verminderde drooglegging heeft tot gevolg dat minder organisch fosfor wordt gemineraliseerd tot anorganische fosfor (zuurstofconcurrentie). Dit geldt vooral voor organisch-P uit organische meststoffen. Doordat het fosforgehalte van veen over het algemeen (zeer) laag is, speelt de fosformineralisatie van veen een minder belangrijke rol (Hendriks, 1993). Daarnaast neemt door een kleinere drooglegging het fosforbindend vermogen van het bodemprofiel af. Door beide effecten zal mogelijk de fosforconcentratie in het freatisch grondwater toenemen. De kans hiertoe is het grootst in de Nederwaard. In de Nederwaard, en in mindere mate de Overwaard, is het fosforbindend vermogen kleiner dan in de Vijfheerenlanden. Verder bestaat de bodem in de Nederwaard en de Overwaard overwegend uit veen.

Het diepere gedeelte van het bodemprofiel wordt meer beïnvloed door de kwaliteit van het kwelwater. De belangrijkste componenten in het kwelwater zijn ammonium en ortho-P. Afhankelijk van de concentraties van deze componenten zal het bodemprofiel meer of minder zijn opgeladen met ammonium en ortho-P. In het hart van de Alblasserwaard is de ammoniumconcentratie het hoogst van heel de AV. De hoogste fosforconcentraties in het kwelwater worden ook gevonden in het centrale gedeelte van de Alblasserwaard. Daar zal het diepere bodemprofiel het meest zijn opgeladen met ammonium en fosfor.

## **5.2 Maatregelen oppervlaktewater**

Potentiële maatregelen om de vermesting van het oppervlaktewater terug te dringen kunnen worden onderverdeeld in bron- en effectgerichte maatregelen. Deze maatregelen zijn:

- brongerichte maatregelen:

- terugdringen van het bemestingsoverschot (5.2.1);
- peilbeheer: het peilbeheer bepaalt mede de invloed van de uit- en afspoeling van het bemestingsoverschot vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater, de kwelvruchten vanuit de diepere ondergrond naar het oppervlaktewater en de hoeveelheid ingelaten rivier- of boezemwater (5.2.2);
- verminderen van ongezuiverde lozingen en effluenten van awzi's en bedrijven (5.2.3).

- effectgerichte maatregelen:

- baggeren (5.2.4);

- doorspoelen (5.2.5);
- kroosverwijderen (5.2.6).

Ook zonder werkelijk maatregelen te nemen, zullen in de autonome ontwikkeling veranderingen plaatsvinden. Allereerst neemt het bemestingsoverschot verder af vanwege het generieke mestbeleid.

Verder zakt het maaiveld in het veenweidegebied voortdurend als gevolg van oxydatie van het veen. Bij de huidige drooglegging bedraagt deze zakking in de AV gemiddeld ongeveer 5 à 10 mm per jaar. Als de maaiveldhoogte ten opzichte van NAP zakt, en de drooglegging blijft constant ten opzichte van het maaiveld dan daalt de grondwaterstandsdiepte ten opzichte van NAP. Ervan uitgaande dat de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket niet of slechts weinig verandert, heeft een zakking van het maaiveld een toename van de kwelintensiteit tot gevolg. Daarmee wordt de aanvoer van water en van nutriënten vanuit de diepere ondergrond groter.

Het is de vraag of de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket in de autonome ontwikkeling constant blijft. In paragraaf 3.3.4 is namelijk berekend dat in de periode van 1985 tot en met 1993 de stijghoogte voor zowel zomer als winter in de AV afneemt met gemiddeld 1 cm per jaar. Als deze afname van de stijghoogte zich in de toekomst doorzet wordt voor wat de kwel betreft de daling van het maaiveld gecompenseerd door deze afname van de stijghoogte. Gezien het huidige milieubeleid in Nederland dat onder andere wordt gericht op het tegengaan van verdroging in kwelgebieden is het niet waarschijnlijk dat de stijghoogte in de AV in dezelfde mate daalt als de laatste tientallen jaren.

### **5.2.1 Terugdringen bemestingsoverschot**

Als eerste dient te worden opgemerkt dat de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' pas na lange tijd effect zal opleveren in de vorm van een verlaagde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Vanwege de bemestingshistorie is vooral de organische stof in de wortelzone verrijkt met nutriënten hetgeen zich uit in een hoog stikstof- en fosforgehalte van de organische stof. Verder is het bodemcomplex door de bemesting opgeladen met fosfor en stikstof. De door de bemesting verrijkte organische stof en het opgeladen bodemcomplex hebben nog lange tijd invloed op de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. De lengte van de periode waarop de effecten van de maatregel zichtbaar worden, hangt af van de component (vooral fosfor wordt sterk gebufferd in de bodem), de bemestingshistorie en de mate waarin het bemestingsoverschot wordt teruggedrongen.

Over de maatregel 'niet-meebemesten van een halve meter langs de sloot' is weinig bekend in veenweidegebieden. In het peilgebied Bergambacht is deze maatregel meegenomen in de analyse van de resultaten. Op grond van literatuurgegevens is aangenomen dat het resultaat van een halve meter niet-meebemesten 7% reductie van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater bedraagt (Hendriks et al., 1994).

### *Stikstof*

Zoals uit tabel 22 blijkt, heeft de post uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater voor alle drie de waterstaatkundige afdelingen verreweg het grootste aandeel in de totale jaarlijkse vermessing van het oppervlaktewater. Het relatieve aandeel van het bemestingsoverschot in de uit- en afspoeling is in de Vijfheerenlanden groter dan in de Overwaard; en in de Overwaard groter dan in de Nederwaard. In de Vijfheerenlanden is het absolute bemestingsoverschot voor stikstof ook het hoogst. Het terugdringen van de vermessing van het oppervlaktewater door middel van het reduceren van het bemestingsoverschot zal in de Vijfheerenlanden daarom een relatief belangrijke maatregel zijn.

Het effect van het terugdringen van het bemestingsoverschot is afhankelijk van de drooglegging. In veenweidegebieden met een kleine drooglegging is de belasting van het oppervlaktewater als gevolg van het bemestingsoverschot relatief groot. Door de kleine drooglegging is de zuurstofvoorziening in het bodemprofiel slecht. Toevoer van makkelijk afbreekbare organische stikstof in de vorm van organische mest, en van ammonium in de vorm van organische en minerale mest betekent extra concurrentie om zuurstof. De mineralisatie van toegevoerde organische stikstof en de nitrificatie van ammonium blijft daardoor achter. Deze meststoffen, en vooral organisch stikstof, spoelen daarom in grote hoeveelheden uit. Nitraat spoelt nauwelijks uit; het wordt opgenomen door het gewas of gedenitrificeerd door de overmaat aan organische stof van het veen (Hendriks, 1993).

Bij een kleine drooglegging en bodems met een relatief lage infiltratiecapaciteit (veengronden) is de kans groot dat meer stikstof en fosfor via het maaiveld afspoelen naar het oppervlaktewater. Dit proces is volgens Hendriks (1993) minder belangrijk dan het proces betreffende de zuurstofconcurrentie.

In gebieden met een grotere drooglegging gecombineerd met veel organische stof in het verzadigde profiel (veenprofiel) zullen grote hoeveelheden meststikstof uit het profiel verdwijnen in de vorm van gasvormig stikstof (Hendriks, 1993). In de grotere onverzadigde zone worden door mineralisatie en nitrificatie meer stikstofmeststoffen omgezet in nitraat. Door de lange transportweg naar drainagemiddelen bij diepere ontwatering is de verblijftijd in de verzadigde zone zo groot dat nagenoeg alle nitraat wordt gedenitrificeerd bij deze overmaat aan organische stof.

Uit het bovenstaande volgt dat in veengebieden met een relatief kleine drooglegging in de bodem (veen) het effect van het terugdringen van het bemestingsoverschot groter zal zijn dan in veengebieden met een grotere drooglegging. In de AV is de gemiddelde drooglegging niet bijzonder klein. De Nederwaard heeft de kleinste drooglegging (gemiddeld 0,50 m - mv) en in deze afdeling zal de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' daarom meer effect sorteren dan in de andere afdelingen. Plaatselijk, voor deelgebieden met een kleinere drooglegging dan de gemiddelde drooglegging van de afdeling is het te behalen effect uiteraard nog groter.

In de Vijfheerenlanden spelen processen omtrent de zuurstofconcurrentie een kleinere rol, omdat de bodem in de Vijfheerenlanden gemiddeld minder organische stof bevat. Bij een kleine drooglegging zal de uit- en afspoeling van stikstof vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater als gevolg van het bemestingsoverschot daarom niet zo groot zijn als in de Alblasserwaard. Bij een grotere drooglegging kan daarentegen de uit- en afspoeling van stikstof groter zijn dan in de Alblasserwaard, omdat door het lagere gehalte aan organische stof minder nitraat kan worden gedenitrificeerd. Daarbij speelt de opbouw van het bodemprofiel een rol. Als het veen in

de ondergrond zo ondiep ligt dat het uitspoelend grondwater door het veen stroomt dan wordt het nitraat alsnog gedenitrificeerd. Voor een groot gedeelte van de Vijfheerenlanden is dit het geval.

Gebieden bestaande uit lichtere (zandige) bodems met relatief weinig organische stof, zoals het centrale deel van de stroomrug die dwars door de Vijfheerenlanden in oost-westelijk richting loopt en de stroomruggen langs de rivieren, zullen bij een grote drooglegging naar verwachting een grotere invloed van het bemestingsoverschot op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater ondervinden dan volgt uit de relatie afgeleid van veengronden in het natuurgebied Donkse Laagten. In deze gebieden in de Vijfheerenlanden is dus mogelijk meer resultaat te behalen met het terugdringen van het bemestingsoverschot dan in de rest van de Vijfheerenlanden.

Resumerend hangt het effect van de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater onder andere af van het huidige bemestingsoverschot, de drooglegging en de hoeveelheid organische stof in het bodemprofiel. Omdat de Nederwaard de kleinste drooglegging heeft in vergelijking met de andere afdelingen zal in de Nederwaard relatief veel effect behaald kunnen worden. Daarnaast zal deze maatregel veel effect sorteren in gebieden met zandige en kleiige stroomruggen in de Vijfheerenlanden, en in gebieden waar het bemestingsoverschot het grootst is (Vijfheerenlanden).

### ***Fosfor***

Het relatieve aandeel van het bemestingsoverschot in de post uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater is voor fosfor niet zo groot als voor stikstof (zie tabel 23). Voor alle drie de afdelingen schommelt het aandeel tussen een kwart en een derde van de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater. Vanwege hetzelfde aandeel in de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater is de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' voor alle drie de afdelingen van even groot belang.

Uit Hendriks (1993) blijkt dat de toename van de fosforbelasting als gevolg van hogere bemesting voornamelijk het gevolg is van de toename van de oppervlakkige afspoeling, de ondiepe uitspoeling en, in minder mate, de uitspoeling via krimp-scheuren van meststoffen. De toenemende ondiepe uitspoeling bestaat bij het natuurgebied Donkse Laagten bijna uitsluitend uit organische meststoffen (Hendriks, 1993). Organisch-fosfor afkomstig van bemesting dat niet afspoelt wordt in de bodem snel en bijna volledig gemineraliseerd. Wanneer de drooglegging echter klein is, neemt de afbraak en dus ook de fosformineralisatie van organische meststoffen af vanwege het bovenbeschreven proces van zuurstofconcurrentie. Hierdoor spoelen meer organische meststoffen uit.

Er bestaat een duidelijke relatie tussen het fosforbindend vermogen van het profiel en de toename van de fosforbelasting door bemesting: hoe hoger het fosforbindend vermogen, hoe lager de toename van de fosforbelasting door bemesting. Dit geldt vooral voor het diepere peil, waar afspoeling nauwelijks een rol speelt (Hendriks, 1993).

Verlaging van het peil geeft een geringere ondiepe uitspoeling van organische meststoffen. Een dieper ontwaterd profiel is beter en dieper geaëreerd waardoor de organische meststoffen worden gemineraliseerd tot anorganisch-fosfor. Omdat het fosforbindend vermogen bij een diepere ontwatering toeneemt, wordt dit extra anorganisch-fosfor gebonden aan het bodemcomplex en spoelt niet uit (Hendriks, 1993).

Toch is het effect van een diepere ontwatering op de uit- en afspoeling van fosfor als gevolg van bemesting geringer dan bij stikstof.

Voor de uit- en afspoeling van fosfor vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater is het meeste effect met de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' te behalen in de Nederwaard die de kleinste drooglegging, het laagste fosforbindend vermogen en het hoogste bemestingsoverschot voor fosfor heeft. In de Overwaard en de Vijfheerenlanden is de drooglegging groter, de kleilaag boven het veen dikker, en daarmee het fosforbindend vermogen groter.

In het peilgebied Bergambacht nemen in de modelberekeningen van Hendriks et al. (1994) bij een afnemend bemestingsoverschot de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor af. Duidelijk is dat dat langzaam gaat, vooral voor fosfor. De bodem blijft nog lang nutriënten naleveren als gevolg van de bemestingshistorie (verrijkte organische stof, opgeladen bodemcomplex). Illustratief hiervoor is dat volgens de modelberekeningen in voormalige veenweidegebieden in Bergambacht die de bestemming natuur hebben gekregen 35 jaar na beëindiging van de bemesting (bij onveranderde drooglegging) de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater nog 75% respectievelijk 90% bedragen van het niveau van vóór het stoppen van de bemesting.

## **5.2.2 Peilbeheer**

Wijzigingen in het peilbeheer brengen veranderingen teweeg in de belasting van het oppervlaktewater door veranderingen in:

- de kwel (5.2.2.1);
- de hoeveelheid ingelaten rivier- of boezemwater (5.2.2.2);
- de invloed van het bemestingsoverschot (5.2.2.3).

Afhankelijk van de omstandigheden kunnen deze veranderingen een tegengesteld effect op de belasting betekenen. Wat het netto-effect is van de veranderingen is moeilijk te kwantificeren op afdelingsniveau. Daarvoor is een afdeling te divers voor de verschillende gebiedskenmerken die voor de vermesting van belang zijn. In hoofdstuk 6 worden de effecten van ingrepen in het peilbeheer wel gekwantificeerd.

### **5.2.2.1 Effect peilbeheer via kwel**

De stikstof- en fosforconcentratie van het kwelwater uit de diepere ondergrond van de AV zijn hoger dan de AMK- en BMK-normen voor het oppervlaktewater. Dit betekent dat het kwelwater 'vervuilend' is voor het oppervlaktewater. Deze conclusie geldt alleen als er een evenwicht bestaat tussen het grondwater en het bodemcomplex. Als er geen evenwicht heerst, veranderen de stikstof- en fosforconcentratie in het kwelwater tijdens het transport naar het oppervlaktewater bijvoorbeeld door interactie van stikstof en fosfor met het bodemcomplex. Ter vereenvoudiging is aangenomen

dat een evenwichtssituatie heerst. Dit is aannemelijk als de heersende situatie al lang bestaat (zie 3.4.3).

Verder moeten de concentraties in het kwelwater in relatie worden gezien met de kwelintensiteiten. In de Nederwaard hebben de kwelvrachten een belangrijk aandeel in de totale stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater (tabel 22 en 23). In de Overwaard heeft alleen de kwelvracht van fosfor een belangrijk aandeel in de totale fosforbelasting. De relatief kleine bijdrage van de kwelvracht van stikstof in de Overwaard wordt veroorzaakt door de lagere stikstofconcentratie in het kwelwater. In de Vijfheerenlanden zijn de bijdragen van de kwelvrachten aan de totale stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater relatief laag.

In de afdeling waar de kwelvrachten van nutriënten het hoogst zijn, kan in principe het grootste effect worden verwacht als het peil wordt veranderd. Het opzetten of het verlagen van het peil geeft respectievelijk een lagere en hogere aanvoer van nutriënten met kwel. Doordat de kwelintensiteit verandert, neemt de totale hoeveelheid grondwater die jaarlijks naar het oppervlaktewater draineert ook af of toe. Het is de vraag hoe de stikstof- en fosforconcentratie van het uitspoelende grondwater (kwel + neerslagoverschot) worden beïnvloed door het opzetten of het verlagen van het peil. Dit hangt af van de verhouding tussen de stikstof- en fosforconcentratie in het kwelwater en de stikstof- en fosforconcentratie in de rest van het uitspoelende grondwater (exclusief kwel) en de verhouding tussen de hoeveelheid kwelwater en de hoeveelheid uitspoelend grondwater. Om uitspraken te doen over het effect van peilveranderingen op de concentraties van het uit- en afspoelend grondwater moet behalve de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvracht ook de waterbalans voor de bodem worden gekwantificeerd. In hoofdstuk 6 wordt dit voor drie deelgebieden verder uitgewerkt.

Voor de netto-wegzijgingsgebieden geldt over het jaar gezien een neerwaarts gericht transport van nutriënten. Voor deze gebieden, in het hart van de Vijfheerenlanden (bijlage 6), speelt de vervuilde kwel dus geen rol en zijn maatregelen om kwel te reduceren niet van toepassing. Voor stikstof geldt dat in het uiterste noordoosten van de Vijfheerenlanden de concentratie van het diepere grondwater lager is dan de AMK-norm; daar is sprake van 'schone' kwel. Als in dit gebied de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater hoger is dan de AMK-norm zijn maatregelen voor het reduceren van kwel niet gunstig voor stikstof. Dit is hier echter beslist niet het geval voor fosfor; de fosforconcentratie in het kwelwater is hier 1,5 keer zo hoog als de BMK-norm van 0,30 mg.l<sup>-1</sup> totaal-P.

#### **5.2.2.2 Effect peilbeheer via ingelaten water**

Het opzetten van het peil in de zomer vergroot de inlaatbehoefte brengt daarmee een extra hoeveelheid rivierwater in het onderzoeksgebied. Het opzetten van het zomerpeil geeft een kleinere grondwaterstandsdiepte. Een kleinere grondwaterstandsdiepte heeft tot gevolg dat meer water in het bodemprofiel wordt geborgen. Daarnaast neemt de kwelintensiteit af of neemt de wegzijgingsintensiteit toe. Dit leidt er toe dat de hoe-

veelheid in te laten rivierwater groter wordt om de afnemende kwelintensiteit of toenemende wegzijgingsintensiteit te compenseren en de extra berging in het bodemprofiel mogelijk te maken. Deze hoeveelheid extra in te laten rivierwater is vele malen groter dan de eenmalige hoeveelheid om het peil op te zetten.

De stikstofconcentratie van het ingelaten rivierwater is hoger dan de stikstofconcentratie in het boezemwater en ook hoger dan de AMK-norm voor oppervlaktewater (tabel 6 en 7). De fosforconcentratie van het ingelaten rivierwater is juist lager dan de fosforconcentratie in het boezemwater en de BMK-norm. De maatregel 'reduceren van de kwel door het opzetten van het zomerpeil' geeft voor stikstof zodoende een extra hoeveelheid 'vuil' inlaatwater in het onderzoeksgebied. Op de fosforconcentratie heeft deze maatregel juist een verlagend effect.

Of de extra hoeveelheid ingelaten rivierwater 'vuil' is wanneer zij wordt ingelaten vanuit de boezemwateren in de polders hangt af van de veranderingen in de stikstof- en fosforconcentratie tijdens het transport door de boezemwateren. Bepalend hiervoor is de verblijftijd van het ingelaten rivierwater in de boezemwateren. Als de inlaat-hoeveelheid klein is ten opzichte van het volume van de boezemwateren verblijft het ingelaten rivierwater relatief lang in de boezemwateren. Het ingelaten rivierwater is dan relatief lang onderhevig aan waterkwaliteitsprocessen waardoor de stikstof- en fosforconcentratie veranderen en ze de waterkwaliteit benaderen van het boezemwater (zie ook 3.6.3).

De stikstof- en fosforconcentratie van de boezemwateren in de verschillende afdelingen van de AV voor de zomer van 1993 liggen net beneden de AMK- en BMK-normen (tabel 7). In vergelijking met de waterkwaliteit van de hoofdwatgangen en de sloten in de verschillende afdelingen van de AV is het boezemwater duidelijk 'schoner' (tabel 7 en 13). Voor zowel stikstof als fosfor betekent dit dat het inlaatwater vanuit de boezemwateren naar de polder 'schoon' is alhoewel de waterkwaliteit maar net onder de norm ligt. Het meerjarig gemiddelde voor de stikstofconcentratie in het boezemwater in de zomer ligt wel ruim boven de AMK-norm. Voor fosfor is het meerjarig gemiddelde net als het gemiddelde voor de zomer van 1993 lager dan de BMK-norm.

Het gevolg echter van extra inlaat van rivierwater is dat de verblijftijden van het ingelaten rivierwater in de boezemwateren zullen afnemen. De stikstof- en fosforconcentratie van het ingelaten rivierwater zullen minder veranderen tijdens het transport door de boezemwateren. Het ingelaten boezemwater zal wat betreft de stikstof- en fosforconcentratie meer lijken op het oorspronkelijk ingelaten rivierwater.

Tenslotte heeft het inlaten van rivierwater nog een aantal andere nadelige effecten. Naast de nutriënten stikstof en fosfor worden met het ingelaten rivierwater andere stoffen de AV binnengelaten die nadelige effecten kunnen hebben voor de natuur. Verder beïnvloedt het hogere zomerpeil de landbouw nadelig doordat percelen natter worden. De kleinere drooglegging in de zomer kan resulteren in het omslaan van kwel naar wegzijging. Hierdoor kan het diepere grondwater worden beïnvloed doordat allerlei stoffen neerwaarts worden getransporteerd. Dit kan nadelig zijn voor de

drinkwaterwinning. Een positief effect dat op de lange termijn optreedt, is dat de zakking van het maaiveld vermindert door een geringere oxydatie van het veen.

De effecten van het verlagen van het peil op de inlaat van rivierwater zijn omgekeerd aan die van het opzetten van het peil.

### **5.2.2.3 Effect peilbeheer via bemestingoverschot**

Een kleinere drooglegging betekent een grotere invloed van het bemestingoverschot op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Dit geldt voornamelijk voor gebieden met veel organische stof in het profiel zoals in de afdelingen de Nederwaard en de Overwaard. De processen die hieraan ten grondslag liggen, zijn uitgebreid behandeld in 5.2.1.

### **5.2.2.4 Netto-effecten ingrepen peilbeheer**

Zoals uit het bovenstaande blijkt, werken ingrepen in het peilbeheer op verschillende manieren door in de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvracht en de uiteindelijk stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Om het uiteindelijke effect van ingrepen in het peilbeheer op de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater te kunnen bepalen, moeten onder andere waterbalansen voor de bodem en het oppervlaktewater worden berekend.

Daarnaast moet een verband worden bepaald tussen de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvracht vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater en de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. De uit- en afspoelende stikstof en fosfor zijn in de waterbodem en het oppervlaktewater onderhevig aan verschillende waterkwaliteitsprocessen waardoor de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater worden beïnvloed. Om deze processen te kwantificeren is een modelmatige aanpak vereist, wat binnen de randvoorwaarden van deze studie niet mogelijk was. In hoofdstuk 6 wordt op basis van modelberekeningen uit een onderzoek van Hendriks et al. (1994) in een tot op zekere hoogte vergelijkbaar veenweidegebied (peilgebied Bergambacht) een lineaire-regressie-vergelijking berekend. Deze vergelijking geeft onder andere het verband tussen de stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende grondwater vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater en de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater.



### **5.2.3 Verminderen ongezuiverde lozingen en effluenten awzi's/bedrijven**

Over het algemeen vormen de stikstof- en fosforvrachten van ongezuiverde lozingen en effluenten van awzi's en bedrijven in de AV slechts een klein deel van de totale jaarlijkse stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater (tabel 22 en 23). Alleen voor de fosforbelasting in de Nederwaard en de Vijfheerenlanden is dit aandeel relatief groot. Wanneer de stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater worden onderscheiden naar het zomerhalfjaar is het aandeel van de ongezuiverde lozingen en effluenten van awzi's en bedrijven in de AV groter, omdat uit- en afspoeling, de grootste post op de jaarbalans, voornamelijk in het winterhalfjaar optreden door het netto neerslagoverschot in deze periode.

De laatste jaren is het effluent van awzi's verbeterd en is een groot aantal awzi's in de AV gesaneerd. Bijna alle awzi's in de AV lozen tegenwoordig hun effluent op rijks- in plaats van polderwateren. De effecten van het lozen van effluent spelen vooral een rol op lokaal niveau. Lokaal kan de stikstof- en fosforbelasting ten gevolge van deze lozingen behoorlijk groot zijn.

### **5.2.4 Baggeren**

Baggerwerkzaamheden om de waterdiepte te vergroten of de verontreinigde bagger te verwijderen, zijn de afgelopen jaren toegenomen. Voorbeelden uit het recente verleden zijn het baggeren van de Giessen te Giessenburg (Overwaard) en de Graafstroom (Nederwaard) (Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden, 1992). In het Integraal Waterbeheersplan Zuid-Holland Zuid (Tauw, 1993b) is de polder Laagblokland in de Nederwaard aangewezen als een proefproject om de effecten te bezien van het op voldoende diepte brengen van de waterdiepte in de watergangen. Verder wordt ook bij diverse awzi's nabij het effluentpunt bagger verwijderd.

Het verwijderen van bagger uit de watergangen vermindert de nalevering van fosfor vanuit de waterbodem. Nadelig effect van het baggeren is dat verse organische stof van de waterbodem verdwijnt. Deze verse organische stof heeft een relatief hoge denitrificatiecapaciteit, waardoor het grootste deel van het nitraat dat uitspoelt en dat aanwezig is in het oppervlaktewater in gasvorm uit het oppervlaktewater verdwijnt. De bagger die uit het oppervlaktewatersysteem wordt verwijderd, kan in depot of op het land worden gebracht. Als de bagger op het land wordt gebracht is dit weer een mogelijke bron van vermisting. Hieraan is in dit onderzoek verder geen aandacht besteed.

In de modelberekeningen voor Bergambacht van Hendriks et al. (1994) heeft baggeren zowel in de hoofdwaterlopen als in de sloten tot gevolg dat de fosforconcentratie belangrijk daalt. Dit positieve effect op de fosforconcentratie gaat gepaard met een negatief effect op de stikstofconcentratie. De stikstofconcentratie stijgt doordat een groot deel van de denitrificatiecapaciteit wordt weggehaald. De maatregel 'baggeren' zoals doorgerekend in het Bergambacht-onderzoek geldt echter voor een theoretische situatie. In de werkelijkheid zal nooit de gehele baggerlaag worden verwijderd, waar-

door de effecten in werkelijkheid minder uitgesproken zullen zijn. Verwacht wordt dat in de praktijk het negatieve effect op de stikstofconcentratie niet of nauwelijks zal optreden en dat het positieve effect op de fosforconcentratie minder zal zijn (Hendriks et al. 1994).

### **5.2.5 Doorspoelen**

De maatregel 'doorspoelen' wordt door het zuiveringsschap in het gebied Hollandse Eilanden en Waarden toegepast om de waterkwaliteit te verbeteren die door ongezuiverde lozingen en effluënten van awzi's en bedrijven plaatselijk negatief wordt beïnvloed (Tauw, 1993b). Deze maatregel is tijdelijk en duurt totdat de betreffende lozingen zijn gesaneerd. Het inlaten van water kan gezien worden als een vorm van doorspoelen. Het hangt af van de verschillen in de stikstof- en fosforconcentratie tussen het ingelaten rivierwater en het oppervlaktewater of het doorspoelen 'verschonend' of 'vervuilend' werkt. De stikstofconcentratie in het rivierwater in de zomer van 1993 is hoger dan die van de boezemwateren, hoofdwatgangen en sloten in de AV (tabel 6, 7 en 13); de fosforconcentratie van het rivierwater is duidelijk lager. Het doorspoelen zou dus 'vervuilend' werken voor stikstof en 'verschonend' voor fosfor. Aan de maatregel 'doorspoelen' kleven wel de nadelen die genoemd zijn in de laatste alinea van paragraaf 5.2.2.2.

### **5.2.6 Kroosverwijderen**

In kroos zitten grote hoeveelheden stikstof en fosfor opgeslagen. Bij het afsterven van kroos komen deze nutriënten weer terug in het oppervlaktewatersysteem. Met het verwijderen van kroos uit het oppervlaktewater kunnen dus grote hoeveelheden nutriënten aan het systeem worden onttrokken (Hendriks et al., 1994). De uit het oppervlaktewatersysteem verwijderde kroos wordt wel op het land gebracht. Welke effecten dit heeft op de vermessing van bodem, freatisch grondwater en oppervlaktewater is niet onderzocht.

Gegevens over kroos in de AV heeft de provincie Zuid-Holland aangeleverd. De gegevens betreffen opnamen van de kroosbedekking in de periode 1984-1992. De hoeveelheid kroos wordt over het algemeen uitgedrukt in een bedekkingsgraad. Daarbij is door de provincie Zuid-Holland onderscheid gemaakt tussen de grote kroosvaren en de echte eendekroossoorten. De eendekroossoorten komen bij de meeste waarnemingen voor. De bedekkingsgraad ligt voornamelijk tussen 5 en 50%. Een bedekkingsgraad hoger dan 50% komt in de Alblasserwaard in 21% van de waarnemingen voor en in de Vijfheerenlanden in 14% van de gevallen. Voor 95% van de ±1450 waarnemingen geldt dat de grote kroosvaren niet is gevonden. Bij de resterende waarnemingen heeft de grote kroosvaren een lage bedekkingsgraad. Voor alle genoemde soorten geldt dat de biomassa per seizoen sterk kan fluctueren en dat de biomassa voor de grote kroosvaren in de nazomer (sept-okt) een piek bereikt

(bron: Provincie Zuid-Holland). De vegetatie-opnamen geven dus niet meer dan een momentopname.

In het onderzoek in Bergambacht van Hendriks et al. (1994) blijkt dat kroosverwijderen een beperkte daling van de stikstofconcentratie in de sloten tot gevolg heeft gedurende het zomerhalfjaar. Het effect op de fosforconcentratie is groter (Hendriks et al., 1994). De bedekkingsgraad in Bergambacht is hoog, op vele plaatsen rond de 100% voor sloten in de zomer (Oosterberg et al, 1989). De bedekkingsgraad in de sloten van de AV gedurende de zomer worden op basis van de opnamegegevens van de Provincie Zuid-Holland globaal geschat tussen de 15 en 35%. Daarom zullen de effecten van kroosverwijderen in de AV waarschijnlijk minder groot zijn dan in Bergambacht. Op de lange termijn zal het effect van kroosverwijderen nihil zijn voor stikstof en vrij gering voor fosfor.

### 5.2.7 Resumé

De effecten van de in dit hoofdstuk beschreven maatregelen op de milieukwaliteit van het oppervlaktewater zijn kwalitatief samengevat in tabel 24. De maatregel 'terugdringen bemestingsoverschot' lijkt voor zowel stikstof als fosfor het meeste effect te geven in de afdeling Nederwaard. Daarnaast kan in de Vijfheerenlanden relatief veel effect worden behaald met deze maatregel. In de Vijfheerenlanden heeft het bemestingsoverschot een belangrijk aandeel in de totale vermesting van het oppervlaktewater en lokaal, op de zandige stroomruggen, is de invloed van het bemestingsoverschot op de vermesting van het oppervlaktewater relatief groot.

*Tabel 24 Kwalitatieve indicatie van effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden*

Maatregelen	Stikstof	Fosfor
Terugdringen bemestingsoverschot	+	+
Peilbeheer - via kwel	?	?
Peilbeheer - via bemestingsoverschot (opzetten peil)	-	-
Peilbeheer - via inlaat	?	?
Stopzetten lozingen	+	+
Kroosverwijderen	+	+
Baggeren	o	+
Doorspoelen met rivierwater	-	+

o geen effect

- concentratie neemt toe

+ concentratie neemt af

? effect van maatregel is onbekend; is afhankelijk van specifieke omstandigheden

Het blijkt dat het onderscheiden van de effecten van de maatregel 'ingrepen peilbeheer' naar de verschillende afdelingen binnen de AV pas mogelijk is als de effecten worden gekwantificeerd (zie 5.2.2.4). Dit wordt in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt.

De effecten van de maatregelen 'kroosverwijderen' en 'kwaliteitsbaggeren' zijn overgenomen uit het onderzoek van Hendriks et al. (1994) in een tot op zekere hoogte vergelijkbaar veenweidegebied. Over de hoeveelheden kroos en bagger in de AV zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om de effecten van deze maatregel te differentiëren naar de verschillende afdelingen.

## 6 Nadere uitwerking van drie deelgebieden

In dit hoofdstuk wordt de vermessing van de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater voor drie deelgebieden in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) nader uitgewerkt. De nadere uitwerking bestaat uit het berekenen en vergelijken van de effecten van verschillende maatregelen op:

- de stikstof- en fosforbelasting van de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater;
- de stikstof- en fosforgehalten en -concentraties in de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater.

De verschillende maatregelen zijn gedeeltelijk verwerkt in scenario's. De scenario's betreffen onder andere de huidige situatie, de autonome ontwikkeling, het reduceren van het bemestingsoverschot en het wijzigen van het peilbeheer. Verder zijn maatregelen beschouwd als baggeren, kroosverwijderen en doorspoelen. De geschatte zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater voor de verschillende scenario's worden vergeleken met de autonome ontwikkeling. Daaruit blijkt mogelijk of het nemen van maatregelen om de vermessing terug te dringen effect oplevert.

In dit hoofdstuk is onderscheid gemaakt tussen enerzijds het droge deel van het bodemsysteem, de bodem, en anderzijds het freatisch grondwater en het oppervlaktewater. Dit onderscheid berust op de mogelijkheid binnen dit onderzoek om effecten van maatregelen te kwantificeren. Voor de bodem waren de effecten van maatregelen alleen op een kwalitatieve wijze te beschrijven (6.2). Voor het oppervlaktewater en het freatisch grondwater bleek het wel mogelijk om effecten te kwantificeren, zij het op een globale wijze (6.3).

In dit hoofdstuk zijn aan de hand van expertise uit vergelijkbare onderzoeken in het veenweidegebied (Hendriks, 1993; Hendriks et al., 1994) berekeningen uitgevoerd voor de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater voor verschillende scenario's en maatregelen. Daarnaast worden de stikstof- en fosforconcentraties in het freatisch grondwater berekend. Deze berekeningen zijn onderhevig aan verschillende onzekerheden, aannamen, onnauwkeurigheden etc. Daardoor zijn de berekende stikstof- en fosforconcentraties voor de verschillende scenario's en maatregelen uitsluitend geschikt om verschillen in effecten tussen scenario's en maatregelen aan te geven en hebben ze slechts waarde als aanwijzingen voor tendensen en richtingen van bepaalde ontwikkelingen. Ze zijn ongeschikt voor het aangeven of bepaalde AMK- en BMK-normen wel of niet kunnen worden gehaald. Op de onzekerheden, aannamen en onnauwkeurigheden wordt verder ingegaan in paragraaf 6.3.

Allereerst worden in paragraaf 6.1 de drie deelgebieden geïntroduceerd die in dit hoofdstuk nader worden uitgewerkt.

## 6.1 Deelgebieden

De beschreven deelgebieden zijn weergegeven in bijlage 18. De drie deelgebieden zijn door de provincie Zuid-Holland zo gekozen dat ze de verschillende gebiedskenmerken en -functies zo goed mogelijk vertegenwoordigen. Daarnaast is elk deelgebied representatief voor een groter deel van het totale onderzoeksgebied. Het verschil in gebiedskenmerken tussen de drie deelgebieden richt zich voornamelijk op verschillen in de kwelintensiteit en de kwaliteit van het kwelwater, en het verschil in bodemeenheden (veen, klei op veen). Verder is voor elk deelgebied een andere functie voorzien in de toekomst. Deze functies zijn: blijvend agrarisch gebied, gebieden met (toekomstig) kritische functie (ANL of ANL-zoekgebied) en gebieden met een vermening van functies.

### 6.1.1 Deelgebied a

Deelgebied a ligt in de waterstaatkundige afdeling Nederwaard en bestaat uit het gedeelte van de polder Bleskensgraaf ten noorden van de Graafstroom (peilgebied 8b) en een klein gebied rondom Bleskensgraaf (peilgebied 2a) (bijlage 4). Het deelgebied is ongeveer 560 ha groot waarvan 5,9% oppervlaktewater is. Noordelijk van deelgebied a ligt het natuurgebied Donkse Laagten. In het zuidoosten van het deelgebied ligt de plaats Bleskensgraaf.

Deelgebied a is representatief voor een deel van de Alblasserwaard-West. Het gebied is mede voor een nadere uitwerking gekozen omdat het grenst aan het natuurgebied Donkse Laagten met vergelijkbare kenmerken. Het gebied ligt in het ANL-zoekgebied. Inmiddels is in de loop van dit onderzoek de aanduiding ANL-zoekgebied komen te vervallen en is de provincie in het kader van het gebiedsgerichte project 'Alblasserwaard-Vijfheerenlanden' met de streek in dialoog over soort en lokaties van gewenste natuur(doeltypen) en de manier om dit te realiseren. Deelgebied a moet daarom niet zozeer gezien worden als een toekomstig natuurgebied.

Het deelgebied ligt in het centrale gedeelte van het veenweidegebied van de Alblasserwaard en behoort tot de bodemgeografische eenheid 'veenkommen'. De bodemeenheden die voorkomen behoren tot de veengronden: koopveen- en weideveen-gronden.

De zomer- en winterdrooglegging van de twee inliggende peilgebieden zijn gelijk. De drooglegging in de zomer bedraagt 0,35 m - mv en in de winter 0,55 m - mv. De maaiveldhoogte varieert tussen 1,65 en 1,55 m - NAP. De gemiddelde maaiveldhoogte voor het deelgebied is 1,63 m - NAP. Bij het berekenen van de gemiddelde maaiveldhoogte is rekening gehouden met de relatieve oppervlakten die de twee peilgebieden innemen in deelgebied a.

Het deelgebied kent zowel in de winter als in de zomer een kwelsituatie. De kwelintensiteit is gemiddeld  $0,26 \text{ mm.d}^{-1}$  op jaarbasis. De ammoniumconcentratie in het grondwater in het eerste watervoerend pakket is hoog in vergelijking met andere deel-

gebieden in de AV. De stikstofvracht aangevoerd met kwelwater is daarom relatief groot in deelgebied a. De fosforconcentratie in het grondwater in het eerste watervoerend pakket benadert het gemiddelde van de AV.

Het bemestingsoverschot voor stikstof is lager dan het gemiddelde dat geldt voor de afdeling Nederwaard. Voor fosfor wijkt het bemestingsoverschot weinig af van het gemiddelde voor de Nederwaard.

Ten zuiden van deelgebied a is een zuiveringsinstallatie van een bedrijf gesitueerd waarbij het effluent op het polderwater wordt geloosd. In dit onderzoek is aangenomen dat het effluent rechtstreeks op de hoofdwatgangen wordt geloosd. Het effluent heeft dus geen direct gevolg voor de stikstof- en fosforconcentratie in de sloten in deelgebied a. Wanneer in de zomer water wordt ingelaten in de sloten van het deelgebied kan het effluent wel invloed hebben op de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Of dit werkelijk zo is, hangt af van de plaats waar water wordt ingelaten en waar het effluent wordt geloosd. Dat was niet bekend en in dit onderzoek ook niet verder onderzocht. In dit onderzoek wordt aangenomen dat water wordt ingelaten met stikstof- en fosforconcentratie die gelden voor de boezemwateren in de zomer van 1993.

### **6.1.2 Deelgebied b**

Deelgebied b ligt in de waterstaatkundige afdeling Overwaard en is ongeveer 1590 ha groot. Het deelgebied bestaat uit de polders den Beemd, Botersloot, Blommendaal en Grootewaard. Deze polders corresponderen met de peilgebieden 1, 11, 12 en 13 (bijlage 4). Het gebied wordt omringd door de plaatsen Meerkerk, Noordeloos en Arkel. Ten oosten van het gebied ligt het Merwedekanaal. Van zuid naar noord loopt de A27 dwars door het gebied.

Deelgebied b is gekozen omdat dit gebied een blijvende agrarische functie heeft. Tevens is dit gebied representatief voor het oostelijk deel van de Alblasserwaard. Ten slotte heeft de kwel een duidelijk lagere stikstofconcentratie dan in deelgebied a.

In deelgebied b liggen enkele stroomruggen. In het gebied komen waardveen-, drechtvaag- en overige kleigronden voor. Ze beslaan respectievelijk 66, 18 en 16% van de totale oppervlakte van het deelgebied.

De drooglegging in de zomer varieert tussen 0,35 en 0,50 m - mv en is gewogen naar oppervlak gemiddeld 0,45 m - mv. In de winter loopt de drooglegging uiteen van 0,60 tot 0,70 m - mv en bedraagt gewogen naar oppervlak gemiddeld 0,67 m - mv. De maaiveldhoogte varieert van 0,90 tot 1,15 m - NAP en bedraagt gewogen naar oppervlak gemiddeld 1,05 m - NAP.

Deelgebied b kent zowel in de zomer als in de winter een kwelsituatie. De kwelintensiteit komt overeen met de gemiddelde kwelintensiteit van het centrale gedeelte van het veenweidegebied in de AV en bedraagt gemiddeld  $0,22 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  op jaarbasis.

De ammoniumconcentratie van het grondwater in het eerste watervoerend pakket is laag in vergelijking met het onderzoeksgebied ten westen van deelgebied b. De fosforconcentratie van het grondwater in het eerste watervoerend pakket wijkt niet belangrijk af van de gemiddelde fosforconcentratie in de AV.

Het bemestingoverschot voor stikstof en fosfor in deelgebied b komt overeen met het gemiddelde bemestingoverschot in de afdeling Overwaard.

### **6.1.3 Deelgebied c**

Deelgebied c ligt in de waterstaatkundige afdeling de Vijfheerenlanden en bestaat uit de polders Neder-Boeicop, Over-Boeicop, Neder-Zijderveld, Over-Heicop en Kortgerecht. De polders Neder-Boeicop en Over-Boeicop behoren tot peilgebied 14 (bijlage 4). De andere polders behoren respectievelijk tot de peilgebieden 13, 16 en 18. Het deelgebied wordt omringd door de plaatsen Lexmond, Zijderveld en Schoonrewoerd en beslaat ongeveer 1470 ha.

Deelgebied c is gekozen omdat het gedeeltelijk in een netto-wegzijgingsgebied ligt. Bovendien ligt het gebied voor een gedeelte binnen de invloedssfeer van de uitbreiding van de grondwateronttrekking in Lexmond. In deelgebied c komen voornamelijk bodemeenheden voor bestaande uit veen met een relatief dik kleidek. Deelgebied c heeft een agrarische en natuurfunctie die naast elkaar voorkomen.

De drooglegging tussen de verschillende peilgebieden loopt nogal uiteen. De drooglegging varieert in de zomer tussen 0,45 en 0,60 m - mv en in de winter tussen 0,55 en 0,70 m - mv. Rekening houdend met de verschillende oppervlakten van de peilgebieden zijn de gemiddelde zomer- en winterdroogleggingen respectievelijk 0,49 en 0,60 m - mv. De maaiveldhoogte vertoont een grote variatie van 0,20 tot 0,60 m + NAP. Gemiddeld naar oppervlakte gewogen is de maaiveldhoogte 0,25 m + NAP. Peilgebied 13 ligt hoog ten opzichte van de andere peilgebieden maar heeft door zijn kleine oppervlakte weinig invloed op de gemiddelde maaiveldhoogte.

In deelgebied c heerst in de zomer een kwelsituatie en in de winter een wegzijgingsituatie. Gemiddeld per jaar is er sprake van wegzijging. Gezien de onnauwkeurigheid van de gemiddelde peilen en de gemiddelde maaiveldhoogte is het zeker mogelijk dat over een heel jaar gemiddeld kwel optreedt in plaats van wegzijging.

Deelgebied c ligt binnen de invloedssfeer van de extra grondwateronttrekking in Lexmond. Gemiddeld over het gehele deelgebied zal de verlaging van de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket door deze extra grondwateronttrekking klein zijn en enkele centimeters bedragen. Lokaal in het noordwesten van het deelgebied zal de verlaging aanzienlijk groter zijn en enkele decimeters bedragen.

Het bemestingoverschot voor stikstof is relatief hoog voor deelgebied c. Voor fosfor is het daarentegen relatief laag.



## 6.2 Bodem

Het droge deel van het bodemsysteem, in het navolgende 'de bodem' genoemd, wordt apart behandeld. De reden hiervoor is dat het niet mogelijk was om binnen dit onderzoek de stikstof- en fosforgehalten van de bodem te kwantificeren voor verschillende maatregelen. De stikstof- en fosforgehalten van de bodem betreffen de stikstof- en fosforgehalte van de organische stof en de stikstof en fosfor gebonden aan het bodemcomplex. De bijdragen van de verschillende vermestingsbronnen zijn wel bekend, maar hieruit zijn niet rechtstreeks de stikstof- en fosforgehalten te berekenen. Daarvoor moeten processen zoals mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, sorptieprocessen etc. in het bodemsysteem worden gekwantificeerd. Het kwantificeren van deze processen viel buiten de mogelijkheden van dit onderzoek. De expertise uit vergelijkbare onderzoeken in het veenweidegebied was voornamelijk gericht op de vermessing van het oppervlaktewater. Empirische relaties tussen de belasting van de bodem en de stikstof- en fosforgehalten van de bodem waren uit deze onderzoeken niet af te leiden. Om deze redenen wordt de bodem voor de verschillende maatregelen alleen kwalitatief behandeld.

De bespreking van de bodem richt zich evenals in hoofdstuk 4 op de bovenste laag, de wortelzone. Dit deel van de bodem is het meest interessant voor de natuurwaarden. De vermestingsbronnen van de wortelzone zijn de bemesting en de atmosferische depositie op het land. Kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie in het bodemsysteem zijn onderhevig aan processen zoals mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, sorptieprocessen, vastlegging door de biomassa, opname door het gewas etc. Door deze processen verdwijnt een groot deel van de stikstof en fosfor uit de bodem via het gewas en als stikstofgas (denitrificatie). Daarnaast spoelen stikstof en fosfor uit naar diepere bodemlagen en naar het oppervlaktewater. Het overige deel wordt opgeslagen in de organische stof en het bodemvocht, en gebonden aan het bodemcomplex.

Het jarenlang toedienen van mest heeft als gevolg dat de organische stof in het ondiepe deel van de bodem wordt verrijkt met nutriënten. Dit uit zich in relatief hoge stikstof- en fosforgehalte van de organische stof. Daarnaast wordt het bodemcomplex opgeladen met voornamelijk ammonium en anorganische fosfor afkomstig uit meststoffen. De belangrijkste maatregel die kan worden uitgevoerd om de vermessing van de wortelzone terug te dringen, is reductie van het bemestingsoverschot. Indien de aanvoer van dierlijke mest en kunstmest daardoor kleiner wordt dan de opname door het gewas en het gewas wordt afgevoerd, is er sprake van verschraling van de bodem.

Het effect van de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' (waaronder het terugbrengen van het bemestingsniveau naar een evenwichtsbemesting in 2000) wordt pas op de lange termijn zichtbaar. De bodem is namelijk verrijkt met nutriënten vanwege de bemestingshistorie. Een lager stikstofgehalte in de bodem als gevolg van verschraling is pas merkbaar na tientallen jaren. Voor fosfor is dit pas duidelijk merkbaar na vele tientallen tot honderden jaren. Langzamerhand zullen de stikstof- en fosforgehalten dalen als gevolg van mineralisatie en uitloging van het bodemcomplex. Deelgebied c heeft vanwege de kleiige bovengrond een hoger

fosfaatbindendvermogen dan deelgebied a. Als het fosfaatbindend vermogen volledig wordt verbruikt kan deelgebied c op de lange termijn meer fosfor naleveren dan deelgebied a. Voor deelgebied b geldt hetzelfde als voor deelgebied c maar dan in minder mate.

Om de effecten van de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' te versnellen, kan de bovenste laag (wortelzone) van de bodem worden afgeplagd. Het is voornamelijk dit deel van de bodem waarvan de organische stof en het bodem-complex verrijkt zijn met nutriënten door bemesting. Ook onder de wortelzone is de bodem tot ongeveer de gemiddelde laagste grondwaterstand met nutriënten verrijkt, zij het in veel mindere mate dan in de wortelzone.

Een vergelijking met de milieukwaliteitseisen van de bodem heeft geen zin omdat de effecten van maatregelen alleen zeer globaal en kwalitatief kunnen worden ingeschat en omdat voor de bodem geen milieukwaliteitseisen bestaan.

### **6.3 Oppervlaktewater en freatisch grondwater**

In dit onderdeel worden de effecten van verschillende scenario's c.q. maatregelen op de vermessing van het oppervlaktewater en het freatisch grondwater beschreven. De stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater en het freatisch grondwater zijn berekend aan de hand van empirische relaties. In paragraaf 6.3.1 wordt dit verder uitgelegd. Hierin worden ook de onzekerheden van de berekeningen besproken. Verder worden in paragraaf 6.3.2 de verschillende scenario's kort beschreven.

In paragraaf 6.3.3 volgen de resultaten voor de verschillende scenario's c.q. maatregelen in de vorm van waterbalansen, uit- en afspoelende stikstof- en fosforvrachten vanuit en vanaf de bodem, en stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater en het freatisch grondwater.

#### **6.3.1 Methodiek**

##### **6.3.1.1 Berekening stikstof- en fosforconcentraties**

###### ***Oppervlaktewater***

De stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater kunnen niet eenvoudig worden bepaald. De stikstof- en fosforvracht die het oppervlaktewatersysteem bereiken, ondergaan in het oppervlaktewatersysteem verschillende processen die invloed hebben op de uiteindelijke stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Deze processen zijn onder andere mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, sorptieprocessen in de waterbodem, vastlegging in de biomassa etc. Dit zijn complexe processen die in hun onderlinge samenhang moeten worden bestudeerd. Dit vereist het gebruik van modellen. Binnen de randvoorwaarden van dit onderzoek was het gebruik van modellen niet mogelijk. Om toch de stikstof- en fosforconcentratie in het opper-

vlaktewater te kunnen schatten, is gezocht naar empirische relaties afgeleid uit vergelijkbare onderzoeken.

Voor het oppervlaktewater zijn de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie vanuit ecologisch oogpunt belangrijk. Het berekenen van de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in de zomer is gebaseerd op modelresultaten van de studie van Hendriks et al. (1994) in het peilgebied Bergambacht. De modelresultaten uit deze studie zijn gebruikt om voor stikstof en fosfor een relatie af te leiden tussen enerzijds de zomerhalfjaargemiddelde concentratie in het oppervlaktewater en anderzijds de variabelen: de jaargemiddelde concentratie in het water dat uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater, de vracht die 's zomers infiltreert vanuit het oppervlaktewater in de bodem of uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater en de vracht die 's zomers wordt ingelaten met boezem- of rivierwater of wordt uitgeslagen op de boezem. Deze empirische relatie maakt het mogelijk stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater te schatten zonder dat rekening hoeft te worden gehouden met processen in de waterbodem en het oppervlaktewater. Deze processen liggen namelijk besloten in de empirische relatie. In het vervolg wordt deze relatie gemakshalve de 'Bergambacht-relatie' genoemd. De relatie en de afleiding van de relatie worden gegeven in aanhangsel 10.

Voor de modelberekeningen waarop de Bergambacht-relatie is gebaseerd, gelden een aantal omstandigheden die specifiek zijn voor het peilgebied Bergambacht. Deze omstandigheden die invloed hebben op de uiteindelijke gemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater zijn vooral:

- inlaat- of uitlaathoeveelheden met bijbehorende stikstof- en fosforconcentraties;
- de hoeveelheid oppervlaktewater die in de zomer in de bodem infiltreert of de hoeveelheid water die vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater uit- en afspoelt, met bijbehorende stikstof- en fosforconcentraties;
- de biomassa in het oppervlaktewater;
- de dikte en de opladingsgraad met vooral fosfor van de baggerlaag.

In de Bergambacht-relatie is expliciet rekening gehouden met de omstandigheden betreffende de in- of uitlaat en de infiltratie of drainage met bijbehorende concentraties. Met de 'Bergambacht-relatie' kunnen daardoor de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater worden berekend voor de gebiedsspecifieke in- of uitlaat en infiltratie of drainage van de drie deelgebieden in de AV. De relatie maakt het mogelijk voor de drie deelgebieden de effecten als gevolg van veranderingen in deze omstandigheden (scenario's) op de zomerhalfjaargemiddelde concentraties te berekenen. De 'biomassa in het oppervlaktewater' en 'dikte en opladingsgraad van de baggerlaag' vormen een impliciet onderdeel van de Bergambacht-relatie. De berekende concentraties in het oppervlaktewater in de drie deelgebieden in de AV voor verschillende scenario's gelden dus voor de biomassa en de baggerlaag behorend bij het peilgebied Bergambacht. In werkelijkheid verschillen de hoeveelheid biomassa en de baggerlaag in de AV ten opzichte van het peilgebied Bergambacht. De onzekerheid die hiermee gepaard gaat wordt behandeld in paragraaf 6.3.1.3.

Om de Bergambacht-relatie te kunnen gebruiken, moeten de stikstof- en fosforconcentratie van het uit- en afspoelende water vanuit en vanaf de bodem bekend zijn. Deze worden berekend als het quotiënt van de uit- en afspoelende vrachten en de hoeveelheid water die jaarlijks uit- en afspoelt. De uit- en afspoelende vrachten

worden op dezelfde wijze berekend als in paragraaf 4.3.2.1. De hoeveelheid uit- en afspoelend water wordt berekend door het opstellen van waterbalansen (6.3.1.2).

Verder moeten in de Bergambacht-relatie de drainage van of de infiltratie naar de bodem, en de in- of uitlaat van oppervlaktewater met bijbehorende concentraties worden ingevuld. Deze grootheden zijn per scenario bekend; de hoeveelheden water uit de waterbalans (6.3.1.2) en de concentraties afhankelijk van het betreffende water (zie voor meer details aanhangsel 10).

Op bovenstaande wijze zijn de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater voor de deelgebieden a, b en c berekend. De berekende concentraties zijn vergeleken met de AMK-norm voor stikstof ( $2,2 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-N) en de BMK-norm voor fosfor ( $0,30 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-P). Omdat de absolute waarde van de berekende concentraties weinig betrouwbaar zijn, mag aan de vergelijking met de normen niet teveel waarde worden gehecht (6.3.1.3).

### ***Freatisch grondwater***

Voor de verschillende scenario's zijn ook berekeningen uitgevoerd voor de stikstof- en fosforconcentraties in het freatisch grondwater. Hierbij is aangenomen dat het freatisch grondwater alleen wordt beïnvloed door het bemestingsoverschot en de achtergrondbelasting en niet of verwaarloosbaar door kwel. Deze aanname betekent dat nutriënten aangevoerd met kwel via het diepere bodemsysteem uitspoelen naar het oppervlaktewater (zie fig. 1). Het diepere bodemsysteem staat dus wel onder invloed van kwel. Deze aanname is gemiddeld over het jaar gezien voor de AV redelijk realistisch.

Om de stikstof- en fosforconcentratie in het freatisch grondwater te berekenen, is aangenomen dat deze concentraties gemiddeld gelijk zijn aan de concentraties van het water dat ondiep uitspoelt uit het bodemprofiel. De concentraties van het uitspoelende water kunnen worden verkregen door de uitspoelende vrachten te delen door de hoeveelheid water die uitspoelt. De vrachten die uitspoelen uit het bovenste deel van het bodemprofiel zijn het gevolg van het bemestingsoverschot en de achtergrondbelasting. Deze zijn berekend zoals aangegeven in paragraaf 4.3.2.1. De hoeveelheid water die ondiep uitspoelt, is bij benadering gelijk aan het neerslagoverschot.

Deze methode om de stikstof- en fosforconcentratie in het freatisch grondwater te berekenen, is de inverse van de traditionele methode om de uitspoelende stikstof- en fosforvracht te berekenen. Bij de traditionele methode worden uitspoelende vrachten vanuit de bodem naar het oppervlaktewater berekend door de stikstof- en fosforconcentratie in de bovenste meter van het freatisch grondwater te vermenigvuldigen met het jaarlijks neerslagoverschot (Hendriks, 1991). Deze berekening is exclusief de kwelvrachten.

De stikstof- en fosforconcentraties zijn op bovenstaande wijze voor de deelgebieden a, b en c berekend. Per deelgebied zijn de berekende concentraties vergeleken met de streefwaarden die gelden voor het freatisch grondwater. Aan de vergelijking met de streefwaarden mag niet teveel waarde worden gehecht, omdat de berekende concentraties vanwege de berekeningswijze en de invoergegevens globaal en indicatief zijn (6.3.1.3). De streefwaarde voor de totaal-P-concentratie is  $3,0 \text{ mg.l}^{-1}$ ; de streefwaarden voor ammonium-N en nitraat-N zijn respectievelijk 10 en  $5,6 \text{ mg.l}^{-1}$  (Ministerie van VROM, 1990b). Omdat de streefwaarde voor stikstof is onderscheiden naar verschillende stikstofcomponenten is met onderzoeksresultaten in Bergambacht een schatting gemaakt van het aandeel van deze componenten in de totale berekende

stikstofconcentratie in het freatisch grondwater (bron: Hendriks et al., 1994). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen veen- en kleigronden.

Een vergelijking tussen de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het freatisch grondwater en gemeten waarden was in dit onderzoek niet mogelijk omdat voor de deelgebieden a, b en c geen of geen geschikte gemeten waarden bekend waren.

### 6.3.1.2 Waterbalansen

Voor het bodemsysteem en het oppervlaktewatersysteem zijn waterbalansen opgesteld voor de zomer en de winter. De waterbalans voor het bodemsysteem wordt weergegeven in mm ten opzichte van het landoppervlak; die voor het oppervlaktewater in mm ten opzichte van het oppervlak oppervlaktewater.

#### ***Bodemsysteem***

De waterbalans voor het bodemsysteem bestaat uit de volgende posten:

- kwel;
- neerslagoverschot of neerslagtekort;
- toe- of afname van de berging in het bodemprofiel;
- restpost.

Voor de berekening van de kwel wordt verwezen naar paragraaf 3.3 waarin deze berekening uitgebreid wordt behandeld. Het neerslagoverschot en het neerslagtekort zijn afgeleid voor een gemiddeld weerjaar, zodat de effecten onder gemiddelde meteorologische omstandigheden konden worden bestudeerd. Hiervoor zijn de neerslag en potentiële gewasverdamping in De Bilt van het jaar 1952 genomen. Dit jaar was een 50,6% droogjaar met een neerslaghoeveelheid van 807 mm en een potentiële verdamping van 538 mm. Het neerslagoverschot in de winter van 1952 bedroeg 353 mm; het neerslagtekort in de zomer 84 mm. Hetzelfde jaar is gebruikt bij de scenario-berekeningen van de onderzoeken van Hendriks (1993) en Hendriks et al. (1994). De berekende stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater en freatisch grondwater gelden dus voor een gemiddeld meteorologisch jaar.

In de zomer neemt de grondwaterstandsdiepte toe. Hierdoor neemt de berging van grondwater in het bodemprofiel af. Dit is een positieve post op de balans, want deze hoeveelheid water komt vrij uit de bodem. De afname van de berging is berekend als de toename van de grondwaterstandsdiepte (winter minus zomer) vermenigvuldigd met de gemiddelde afname van het vochtgehalte in het bodemprofiel, veroorzaakt door de grotere grondwaterstandsdiepte. De afname van het vochtgehalte in het bodemprofiel hangt af van de bodemeenheid en de toename van de grondwaterstandsdiepte. De afname van het vochtgehalte is afgeleid uit waterrentie-(pF)curven voor eutroof veen en zware klei (Wösten et al., 1987). In de winter geldt het omgekeerde als in de zomer: de grondwaterstandsdiepte neemt af, en de berging neemt met dezelfde hoeveelheid toe als de berging in de zomer afneemt. Er is aangenomen dat de zomer- en wintergrondwaterstandsdiepten niet veranderen gedurende de jaren. Dit betekent dat de jaarlijkse bergingsverandering nul is.

De restpost is de drainage van de bodem naar het oppervlaktewater of de infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de bodem. Bij een positieve restpost vindt infiltratie plaats, bij een negatieve restpost drainage. De restposten zijn netto-posten. Het is

mogelijk dat bijvoorbeeld in de zomer gedurende een periode drainage voorkomt terwijl de restpost over de gehele zomer gezien positief is en dus infiltratie aangeeft.

### ***Oppervlaktewatersysteem***

De waterbalans voor het oppervlaktewatersysteem bestaat uit de volgende posten:

- infiltratie/drainage naar/vanuit de bodem;
- neerslagoverschot of neerslagtekort;
- toe- of afname van de berging in het oppervlaktewater;
- hoeveelheden ongezuiverde lozingen;
- restpost.

Voor de balans van het oppervlaktewatersysteem is infiltratie naar het bodemsysteem een negatieve post en drainage vanuit het bodemsysteem een positieve post. De toe- of afname van de berging hangt af van het peilbeheer. In de zomer wordt het peil opgezet en neemt de berging van het oppervlaktewater toe. Dit is een negatieve post op de waterbalans, want er wordt water opgeslagen in het oppervlaktewatersysteem. In de winter als het peil weer wordt verlaagd, neemt de berging met dezelfde hoeveelheid af. Er wordt aangenomen dat de zomer- en winterpeilen gedurende de jaren niet veranderen. Deze aanname houdt in dat het peil de maaiveld-daling volgt.

De hoeveelheden ongezuiverde lozingen zijn afgeleid uit de waarden in aanhangsel 7. De hoeveelheid ongezuiverde lozing in  $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  voor de gemeente waarin een deelgebied ligt, is vermenigvuldigd met het oppervlak van dat deelgebied. Vervolgens is de uitkomst gehalveerd omdat de balansen zijn opgedeeld in een zomer- en winterhalfjaar. Er is aangenomen dat het bedrijf en de awzi gelegen aan de rand van de deelgebieden a en c hun effluent lozen op oppervlaktewater buiten de deelgebieden. De hoeveelheid effluent van het betreffende bedrijf en de awzi worden daarom niet meegenomen in deze balansen.

De restpost van de waterbalans voor het oppervlaktewater is de hoeveelheid water die moet worden ingelaten vanuit de boezemwateren of de hoeveelheid water die moet worden uitgeslagen naar de boezemwateren. Een positieve restpost betekent dat gemiddeld over het gehele seizoen gezien netto water wordt ingelaten; een negatieve restpost betekent dat netto water wordt uitgeslagen. De hoeveelheid ingelaten water is niet afgeleid van gegevens van het Hoogheemraadschap van de AV maar is berekend als een restpost. Gegevens over hoeveelheden ingelaten water waren namelijk alleen beschikbaar op 'afdelingsniveau' en niet op 'deelgebiedsniveau'. Was dit wel het geval dan zouden deze gegevens alleen betrekking hebben op de huidige situatie en niet kunnen worden gebruikt voor scenarioberekeningen waarin de waterbalans van het oppervlaktewater verandert ten opzichte van de huidige situatie.

### **6.3.1.3 Onzekerheden**

De berekende uit- en afspoelende stikstof- en fosforvrucht, de berekende waterbalansen en de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater gaan gepaard met onzekerheden. De belangrijkste onzekerheden worden hieronder in het kort opgesomd.

### **Gegevens**

Onzekere gegevens betreffen vooral:

- het zomer- en winterpeil;
- de maaiveldhoogte;
- de concentraties in het kwelwater;
- de concentraties in het inlaatwater.

In dit onderzoek is aangenomen dat de polderpeilen in de peilbesluiten in de praktijk worden gehanteerd. In de Vijfheerenlanden wijkt in een aantal gebieden het praktijkpeil 5 à 10 cm af van het peil in het peilbesluit. Voor deze gebieden zijn de praktijkpeilen gebruikt. Voor de Alblasserwaard is het onbekend in hoeverre de praktijkpeilen afwijken van de peilen in de peilbesluiten. Wanneer voor deelgebieden geen praktijkpeilen bekend zijn, zijn de peilen uit de peilbesluiten gebruikt. De onzekerheid in polderpeilen is alleen relevant voor de berekening van de huidige situatie en scenario's met huidig peil. Bij scenario-berekeningen met een veranderde drooglegging speelt deze onzekerheid geen rol (zie 6.3.2).

De gemiddelde maaiveldhoogte is voor elk peilgebied geschat aan de hand van beschikbare punten. Naarmate meer variatie in de maaiveldhoogte bestaat, is de gemiddelde hoogte minder representatief voor de werkelijke hoogte. Daarnaast zijn de gegevens over de maaiveldhoogte verouderd waardoor de grondwaterstandsdiepte waarschijnlijk enigszins wordt overschat (zie 3.2.3) en de kwelintensiteit wordt onderschat (zie 3.3.4). Het zomer- en winterpeil en de maaiveldhoogte bepalen in belangrijke mate de kwelintensiteit en daarmee ook de nutriëntenvrachten aangevoerd met kwel. Verder bepalen het zomer- en winterpeil in combinatie met de maaiveldhoogte, via de grondwaterstandsdiepte de grootte van de invloed van het bemestingsoverschot op de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvracht. Tenslotte hebben het zomer- en winterpeil en de maaiveldhoogte invloed op verschillende termen van de waterbalans van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem.

De stikstof- en fosforconcentraties in het kwelwater zijn gebaseerd op weinig waarnemingen en vormen zodoende een grove benadering van de werkelijke concentraties. Hierdoor zijn de berekende nutriëntenvrachten aangevoerd met kwel erg onzeker.

Ook de gegevens over de concentraties in het inlaatwater zijn onzeker. Aangenomen is dat de stikstof- en fosforconcentratie in het inlaatwater gelijk zijn aan die van het boezemwater.

Verder geeft het middelen van gegevens, zoals de stijghoogteverschillen tussen verschillende peilgebieden, een extra onnauwkeurigheid. De gegevens over het bemestingsoverschot en de ongezuiverde lozingen, die bekend zijn op gemeentelijk niveau, zijn gebruikt voor de deelgebieden die binnen de gemeenten liggen. Er is aangenomen dat binnen een gemeente deze gegevens niet variëren.

### **Relaties**

De volgende relaties zijn in dit onderzoek toegepast:

- de relaties van Schothorst tussen de drooglegging en de grondwaterstandsdiepte;
- de relatie tussen het bemestingsoverschot en de uit- en afspoelende vrachten naar het oppervlaktewater;
- de Bergambacht-relatie voor de berekening van de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater.

De onzekerheden die gepaard gaan met de relaties van Schothorst zijn uitgebreid besproken in paragraaf 3.2.3. In paragraaf 4.3.2.1 en aanhangsel 9 worden de onzeker-

heden behandeld van de relatie tussen het bemestingsoverschot en de uit- en afspoelende vrachten naar het oppervlaktewater.

De onzekerheden rond de Bergambacht-relatie onderscheiden zich in onzekerheden in de extrapolatie van deze relatie naar een ander vergelijkbaar gebied en onzekerheden in de modelresultaten van de studie van Hendriks et al. (1994) in het peilgebied Bergambacht. Daarnaast hebben de gebruikte waarden voor de variabelen van de Bergambacht-relatie een bepaalde onzekerheid die wordt bepaald door het gebruik van de relaties van Schothorst, de relatie tussen het bemestingsoverschot en de uit- en afspoelende vrachten naar het oppervlaktewater en het gebruik van de in dit onderzoek verzamelde gebiedsgegevens.

Zoals al eerder is aangegeven vormen de omstandigheden 'biomassa in het oppervlaktewater' en 'dikte en opladingsgraad van de baggerlaag' een impliciet onderdeel van de Bergambacht-relatie. De met de Bergambacht-relatie berekende concentraties in het oppervlaktewater in de drie deelgebieden in de AV gelden dus voor de biomassa en de baggerlaag behorend bij het peilgebied Bergambacht.

In werkelijkheid verschillen de hoeveelheid biomassa en de baggerlaag in de AV ten opzichte van het peilgebied Bergambacht. In dit laatste gebied is de bedekkingsgraad met kroos in de sloten in de zomer op vele plaatsen rond de 100%. In de AV blijkt de bedekkingsgraad veel lager te zijn. Dit betekent dat in de AV veel minder stikstof en fosfor door kroos wordt vastgelegd dan in het Bergambacht.

De oppervlakte waterbodem en oppervlaktewater per ha is in de AV ongeveer twee keer zo klein is als in het peilgebied Bergambacht. Het verschil in oppervlakte waterbodem per ha tussen de AV en Bergambacht werkt in de Bergambacht-relatie op twee verschillende manieren door. In de AV stroomt bij gelijke uit- en afspoeling eenzelfde hoeveelheid nutriënten door een twee keer zo kleine baggerlaag. De capaciteit om nutriënten vast te leggen is in de AV daarom kleiner. Daardoor is het mogelijk dat in de AV tijdens uitspoeling (winter) meer nutriënten het oppervlaktewater bereiken dan in Bergambacht. Daarnaast kan het zijn dat de baggerlaag in de AV meer wordt opgeladen met nutriënten dan in Bergambacht, omdat in de AV een kleinere baggerlaag met eenzelfde hoeveelheid nutriënten wordt doorstroomd. De baggerlaag in de AV zou daardoor per m<sup>2</sup> bagger meer nutriënten kunnen naleveren dan in Bergambacht. In het laatste gebied is echter meer (met nutriënten opgeladen) bagger aanwezig dan in de AV, waardoor de nalevering van nutriënten als vrachten in Bergambacht groter kan zijn dan in de AV. In Bergambacht is echter ook twee keer zo veel oppervlaktewater aanwezig, wat bij nalevering een verlagend effect heeft op de nutriëntenconcentraties. De conclusie hieruit is dat door de kleinere oppervlakten bagger en oppervlaktewater in de AV het bufferend vermogen voor de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater in de AV kleiner is dan in het peilgebied Bergambacht. Dit geldt voornamelijk voor fosfor. Welke invloed dit uiteindelijk heeft op de resultaten van de Bergambacht-relatie is moeilijk in te schatten.

Verder zijn de dikte en de kwaliteit van de baggerlaag belangrijk voor de processen in de waterbodem. Voor de kwaliteit is vooral van belang of de baggerlaag door bepaalde omstandigheden in het verleden (hogere uitspoeling, aanwezigheid awzi's) is opgeladen met nutriënten. Het is onbekend in hoeverre de dikte en de opladingsgraad van de baggerlaag tussen de AV en het peilgebied Bergambacht verschillen en daarmee welke invloed eventuele verschillen hebben op de Bergambacht-relatie.

Het toepassen van de Bergambacht-relatie in rivierkleigebieden hoeft geen onnauwkeurigere resultaten te geven dan in de veenweidegebieden. In de relatie liggen



processen in de waterbodem en het oppervlaktewater besloten die de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater beïnvloeden. Verwacht wordt dat deze processen in de waterbodem en het oppervlaktewater niet veel verschillen tussen het veenweide- en het rivierkleigebied.

De betrouwbaarheid van de relaties afgeleid van modelresultaten uit het Bergambacht-onderzoek (Hendriks et al., 1994) zijn uiteraard ook afhankelijk van de betrouwbaarheid van de modelresultaten voor het peilgebied Bergambacht. In het Bergambacht-onderzoek waren de stikstof- en fosforconcentratie in het kwelwater en de sterftesnelheid van kroos de meest onzekere factoren. Daarom is in dat onderzoek een onzekerheidsanalyse uitgevoerd voor de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Daaruit bleek dat de berekende stikstofconcentratie binnen een marge van -10 tot +20% lag; en de fosforconcentratie binnen een marge van -50 tot +70% lag.

Samenvattend kan worden gesteld dat de resultaten van de Bergambacht-relatie slechts grove schattingen zijn van de zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater. Ze zijn behept met grote onzekerheden, omdat ze zijn gebaseerd op sterk vereenvoudigde empirische relaties, afgeleid via lineaire regressie uit de resultaten van modelberekeningen voor een vergelijkbaar gebied. De resultaten van deze modelberekeningen kenden zelf ook een bepaalde onnauwkeurigheid. Daarnaast is het de vraag of het peilgebied Bergambacht in relevante eigenschappen voldoende overeenstemt met de AV. Dit geldt vooral voor fosfor, waarvan de concentratie in het oppervlaktewater sterk wordt bepaald door de adsorptiecapaciteit voor en de opladingsgraad met fosfaat van de baggerlaag. De toestand van de baggerlaag in de AV is niet bekend. De resultaten van de Bergambacht-relatie hebben daardoor slechts waarde als aanwijzingen voor tendensen en richtingen van bepaalde ontwikkelingen. De eventuele verschillen in waterkwaliteitsprocessen, hoeveelheden biomassa, en de dikte en de opladingsgraad van de baggerlaag spelen dan een minder belangrijke rol, omdat bij het vergelijken van scenario's eventuele afwijkingen in de berekende concentraties tegen elkaar kunnen wegvallen.

### ***Onzekerheden per deelgebied***

Extrapolatie van relaties afkomstig uit veenweidegebieden hebben uiteraard de grootste geldigheid voor andere veenweidegebieden met vergelijkbare karakteristieken. Naarmate de eigenschappen van gebieden waarvoor deze relaties worden gebruikt verschillen, worden de uitkomsten onbetrouwbarder.

In deelgebied a zijn de zomer- en winterpeilen gelijk en varieert de maaiveldhoogte weinig binnen het gebied. De relaties van Schothorst zijn onder andere gebaseerd op een proefveld nabij Bleskensgraaf. Verder ligt het gebied in het centrale deel van het veenweidegebied. De relaties die zijn gebruikt bij de berekeningen zijn afgeleid uit onderzoeken in vergelijkbare veenweidegebieden (Hendriks, 1993; Hendriks et al., 1994). Daarom zullen de waterbalansen, de uit- en afspoelende vrachten en de concentraties in het freatisch grondwater en het oppervlaktewater voor dit deelgebied het minst onnauwkeurig zijn in vergelijking met de andere twee uitgekozen deelgebieden in de AV.

De drooglegging en de maaiveldhoogte variëren in deelgebied b meer dan in deelgebied a. Dit geeft voor deelgebied b een minder nauwkeurige schatting van de grondwaterstandsdiepte, de kwelintensiteit en de uit- en afspoelende nutriëntenvrachten als gevolg van het bemestingsoverschot. Daarnaast bestaat een deel van de opper-

vlakke uit kleigronden. De bovengenoemde relaties zullen voor deelgebied b daardoor minder betrouwbare resultaten geven dan voor deelgebied a.

In deelgebied c variëren de drooglegging en de maaiveldhoogte meer dan in deelgebied a en b. Verder bestaat het gehele oppervlak uit kleigronden en drechtvaaggronden. Voor deelgebied c zullen daarom de onzekerheden die genoemd worden voor deelgebied b in versterkte mate gelden.

### **Conclusies**

Gezien al de aannamen, de onnauwkeurigheid en onvolledigheid van de verzamelde gegevens, en de extrapolatie van globale relaties gebaseerd op andere onderzoeken mag slechts beperkte waarde worden gehecht aan de absolute getallen die zijn berekend. De resultaten zijn uitsluitend bruikbaar om verschillende scenario's en maatregelen onderling te vergelijken. Hiermee kan mogelijk worden aangegeven welke maatregel of combinatie van maatregelen de meeste kans biedt op verlaging van de stikstof- en fosforconcentraties in het freatisch grondwater en het oppervlaktewater. De resultaten kunnen niet worden gebruikt om met zekerheid aan te geven of normen en streefwaarden wel of niet worden gehaald. De resultaten zijn het minst onnauwkeurig in deelgebied a, en het meest onnauwkeurig in deelgebied c.

### **6.3.2 Scenario's**

Het rendement van maatregelen om de vermisting van het freatisch grondwater en het oppervlaktewater terug te dringen, is onderzocht door verschillende scenario's van varianten van maatregelen door te rekenen met de in paragraaf 6.3.1 beschreven methodiek. Dit betreft de volgende scenario's:

- huidige situatie;
- autonome ontwikkeling;
- huidige drooglegging en onbemest;
- grote drooglegging bij huidige bemesting;
- grote drooglegging bij autonome bemesting;
- kleine drooglegging en onbemest (natuurontwikkeling).

Daarnaast zijn de maatregelen kroosverwijderen, baggeren en doorspoelen bestudeerd. Deze maatregelen, die gericht zijn op het verlagen van de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater, zijn niet te kwantificeren met de Bergambachtrelatie (zie 6.3.1.1). In kwalitatieve zin kan wel worden aangegeven hoe de stikstof- en fosforconcentratie veranderen door maatregelen als kroosverwijderen, baggeren en doorspoelen. In de Bergambacht-studie (Hendriks et al., 1994) zijn deze maatregelen met modellen doorgerekend. Deze modelresultaten zijn op een kwalitatieve wijze geëxtrapoleerd naar de drie uitgekozen deelgebieden.

Met uitzondering van het scenario 'huidige situatie' zijn de effecten van scenario's geschat voor de situatie die ontstaat na een periode van 30 jaar na de introductie van de maatregelen. De stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in de zomer die zijn afgeleid met de Bergambachtrelatie, gelden dus na een periode van 30 jaar. Deze periode van 30 jaar is genomen om aan te sluiten bij het onderzoek in Bergam-

bacht waar een periode van 30 jaar was gekozen om na-ijl effecten in de berekeningen te minimaliseren en een evenwichtssituatie te bewerkstelligen.

Omdat alle relaties waarmee de scenario's zijn doorgerekend gelden voor gemiddelde meteorologische condities, gelden de berekeningsresultaten eveneens voor gemiddelde meteorologische condities.

#### ***Scenario 'huidige situatie'***

Het scenario 'huidige situatie' maakt het mogelijk de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater globaal te vergelijken met de gemeten waarden in de deelgebieden zodat de orde van grootte gecontroleerd kan worden. Een exacte vergelijking gaat mank vanwege de onzekerheid van de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater (zie 6.3.1.3) en het geringe aantal gemeten waarden dat representatief is voor de deelgebieden.

Het scenario 'huidige situatie' fungeert als een referentiepunt voor de andere scenario's. De andere scenario's kunnen met dit scenario worden vergeleken, omdat het scenario 'huidige situatie' geldt voor een gemiddeld meteorologisch jaar en omdat dit scenario is gebaseerd op dezelfde methodiek met dezelfde aannamen. Voor de gemeten waarden geldt dit niet. De berekende stikstof- en fosforconcentraties volgend uit andere scenario's kunnen daarom niet worden vergeleken met de gemeten waarden.

#### ***Scenario 'autonome ontwikkeling'***

In het scenario 'autonome ontwikkeling' staan drie ontwikkelingen centraal. Allereerst neemt het bemestingsoverschot verder af. Voor alle drie de deelgebieden wordt het bemestingsoverschot voor stikstof gereduceerd tot  $65 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  en het bemestingsoverschot voor fosfor tot  $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Deze gegevens volgen uit modelberekeningen van het onderzoek van Hendriks et al. (1994). In het betreffende onderzoek werd een autonome bemestingsvariant doorgerekend. Voor deze autonome bemestingsvariant zijn bemestingscijfers gebruikt volgend uit het landelijk beleid ten aanzien van de vermindering van de bemesting. De hoeveelheden toegediende meststoffen, verminderd met de berekende gewasopnamen, geven de hier gehanteerde bemestingsoverschotten.

Ten tweede zakt in het veenweidegebied het maaiveld voortdurend als gevolg van oxydatie van het veen. Voor veenweidegebieden geldt dat de jaarlijkse zakking van het maaiveld ongeveer 1 mm bedraagt per 10 cm drooglegging (Hendriks, 1991); dus 5 mm bij een drooglegging van 0,50 m - mv. Voor veengronden met een dik kleidek zoals de drechtvaaggronden, is aangenomen dat het maaiveld ongeveer een 1 mm per jaar zakt. Bodems die boven de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) volledig uit klei bestaan, zakken relatief weinig. Aangenomen is dat deze gronden niet zakken. Als de maaiveldhoogte ten opzichte van NAP zakt, en de drooglegging blijft constant ten opzichte van het maaiveld dan zakt de grondwaterstand ten opzichte van NAP. Als de stijghoogte van het water in het eerste watervoerend pakket niet verandert ten opzichte van NAP, heeft een zakking van het maaiveld een toename van de kwelintensiteit tot gevolg. De inlaatbehoefte in de zomer neemt hierdoor af. Deze verhoogde kwel en verminderde inlaat zijn in de verschillende scenario's meegenomen. Het is onbekend in hoeverre de stijghoogte van het grondwater in het eerste

watervoerend pakket in de autonome ontwikkeling constant blijft (zie 5.2). In dit onderzoek is aangenomen dat dit wel het geval is.

De derde autonome ontwikkeling is de reductie van de ongezuiverde lozingen en van het effluent van awzi's en bedrijven die lozen op het polderwater. In dit onderzoek is aangenomen dat vóór 2025 de laatste ongezuiverde lozingen en bedrijven in de AV zijn aangesloten op het riool en dat de awzi's lozen op rijkswater.

#### ***Scenario 'huidige drooglegging en onbemest'***

In het scenario 'huidige drooglegging en onbemest' vindt in de komende 30 jaar geen bemesting meer plaats. Doordat in deze onbemeste variant nog wel gewasafvoer plaatsvindt, verdwijnt netto meer stikstof en fosfor vanuit het bodemsysteem dan wordt aangevoerd (negatief bemestingsoverschot). De toename van de kwelintensiteit als gevolg van de zakking van het maaiveld, de verminderde inlaat en het niet meer voorkomen van ongezuiverde lozingen en lozingen van effluent van awzi's en bedrijven zijn ontwikkelingen die voor dit scenario gelden.

#### ***Scenario's 'grote drooglegging; bij huidige en autonome bemesting'***

In deze scenario's worden de zomer- en winterdrooglegging verlaagd naar respectievelijk 0,60 en 0,80 m - mv. Deze drooglegging is de te verwachten toegestane maximale drooglegging, gericht op een optimaal peilbeheer voor de landbouw. Door de toename van de drooglegging neemt de grondwaterstandsdiepte en daardoor de kwelintensiteit toe. De inlaatbehoefte in de zomer neemt hierdoor af en kan zelfs omslaan in netto uitlaat van water. Verder zakt het maaiveld door de diepere ontwatering meer dan in het scenario 'autonome ontwikkeling' namelijk 7 mm per jaar voor veengebieden. De toename van de kwelintensiteit door de zakking van het maaiveld is hierdoor in deze scenario's groter dan in het scenario 'autonome ontwikkeling'. Hetzelfde geldt voor de afname van de inlaatbehoefte. Bij een grotere drooglegging verdwijnt op de lange termijn een groter deel van het bodemprofiel (oxydatie van veen) dan bij de huidige drooglegging. Dit is uiteraard een ongunstig effect.

De invloed van het bemestingsoverschot op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater neemt bij diepere ontwatering af. De grotere drooglegging is doorgerekend voor twee verschillende bemestingsvarianten namelijk de huidige bemesting en de bemesting volgens het scenario 'autonome ontwikkeling'. Ook in deze scenario's is aangenomen dat na 30 jaar geen ongezuiverde lozingen en geen lozingen van awzi's en bedrijven plaatsvinden op het polderwater.

#### ***Scenario 'kleine drooglegging en onbemest'***

Het scenario 'kleine drooglegging en onbemest' heeft betrekking op de mogelijke natuurfunctie van de deelgebieden. De drooglegging blijft het gehele jaar constant en bedraagt 0,20 m - mv. In de zomer is daardoor een grotere inlaat van water nodig om dit hoge peil te handhaven. De betreffende deelgebieden worden in dit scenario niet bemest.

Gevolgen van dit scenario zijn onder andere dat de kwelintensiteit afneemt of zelfs omslaat in wegzijging. De inlaatbehoefte stijgt daardoor ten opzichte van de autonome ontwikkeling. De zakking van het maaiveld is gering (2 mm per jaar voor veengebieden). De ongezuiverde lozingen en de lozingen van awzi's en bedrijven zijn ook in dit scenario niet meer aan de orde.

### 6.3.3 Resultaten

De resultaten worden per deelgebied behandeld. Voor elk deelgebied worden de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater voor alle scenario's weergegeven in de vorm van één tabel en twee figuren. De effecten van de verschillende maatregelen van de scenario's worden in een tabel met elkaar vergeleken. Tot slot worden voor elk deelgebied de berekende stikstof- en fosforconcentraties in het freatisch grondwater gepresenteerd voor de verschillende scenario's. Alleen voor het scenario 'huidige situatie' worden de waterbalansen en de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvracht in de hoofdttekst getoond. Voor de overige scenario's wordt deze informatie gegeven in aanhangsel 11.

De berekende stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater en het freatisch grondwater voor de verschillende scenario's gelden voor de situatie na 30 jaar wanneer het effect van de maatregel volledig is doorgewerkt. Om het effect van de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' te berekenen wordt de relatie tussen het bemestingsoverschot en de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater gebruikt (zie 4.3.2.1). De met deze relatie berekende uit- en afspoeling van nutriënten geldt voor een evenwichtssituatie. Vooral voor fosfor werkt de maatregel 'terugdringen van het bemestingsoverschot' pas op de lange termijn door (meer dan 30 jaar). Dit is het gevolg van de bemesting in het (recente) verleden die het bodemprofiel heeft verrijkt met nutriënten. Voor deze maatregel geven de berekeningsresultaten de meest positieve schatting die in de werkelijkheid pas op de (zeer) lange termijn kan worden bereikt.

#### 6.3.3.1 Deelgebied a

Voor deelgebied a zijn alle in paragraaf 6.3.2 genoemde scenario's doorgerekend. Dus inclusief de scenario's die niet relevant zijn voor een landbouwkundige functie namelijk 'huidige drooglegging en onbemest' en 'kleine drooglegging en onbemest'. In de tijd dat deze berekeningen zijn uitgevoerd was de informatie dat delen van deelgebied a in de toekomst in aanmerking zouden komen voor ANL-gebied (zie 6.1.1).

##### *Scenario 'huidige situatie'*

In de tabellen 25 en 26 worden de berekende waterbalansen en uit- en afspoelende vrachten weergegeven. Naast neerslag en verdamping heeft de kwel een belangrijk aandeel in de waterbalans van de bodem (tabel 25). In de zomer infiltreert daarom netto weinig water vanuit het oppervlaktewater in de bodem. De hoeveelheid ingelaten rivier- of boezemwater bedraagt in de zomer ongeveer 25 mm ten opzichte van het totale oppervlak (land + water). Dit ingelaten water wordt vooral gebruikt om het peil op te zetten (bergingsverandering sloten), de infiltratie van het oppervlaktewater naar de bodem te compenseren en in mindere mate om het neerslagtekort (neerslag - verdamping) voor het oppervlaktewater aan te vullen.

Tabel 25 Waterbalans (in mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'huidige situatie' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	62	40
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	12	-12
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	10	-381
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-152	6070
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	1	1
	inlaat(+)/uitlaat(-)	435	-6624

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

De balansterm 'drainage van en infiltratie naar het bodemsysteem' heeft voor het bodem- en oppervlaktewatersysteem verschillende waarden, omdat de termen van het bodemsysteem worden uitgedrukt ten opzichte van het landoppervlak en de termen van het oppervlaktewatersysteem worden uitgedrukt ten opzichte van het wateroppervlak.

De stikstofvrucht, aangevoerd met kwelwater, neemt het belangrijkste aandeel in in de totale stikstofvrucht die uit- en afspoelt (tabel 26). Dit wordt veroorzaakt door de hoge kwelintensiteit en de hoge ammoniumconcentratie in het kwelwater. Voor fosfor nemen de kwel, de achtergrondbelasting en het bemestingsoverschot ongeveer een evengroot deel in.

Tabel 26 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied a, onderscheiden naar vermistingsbron voor het scenario 'huidige situatie'

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vrucht	%	vrucht	%
Kwel	36	47	1,0	30
Achtergrondbelasting	16	21	1,1	33
Bemestingsoverschot	24	31	1,2	36
Totaal	75	100	3,3	100

Tabel 27 Berekende totaal-N- en totaal-P-concentratie ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) in het oppervlaktewater van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en voor verschillende scenario's

Scenario	Totaal-N	Totaal-P
Huidige situatie	3,0	0,53
Autonome ontwikkeling	3,0	0,54
Huidige drooglegging en onbemest	2,4	0,52
Grote drooglegging bij huidige bemesting	3,6	0,55
Grote drooglegging bij autonome bemesting	3,5	0,52
Kleine drooglegging en onbemest	1,9	0,39

De berekende zomerhalfjaargemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie in het oppervlaktewater voor het scenario 'huidige situatie' zijn 3,0 en 0,53  $\text{mg.l}^{-1}$  (tabel 27). In figuur 2 vormen deze concentraties de referentie (100%) voor de concentraties van de overige scenario's. In deelgebied a is op één lokatie (NOP 0804) de waterkwaliteit in de sloten gemeten. De gemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie voor de zomer van 1993 waren voor deze lokatie gemiddeld 3,0 en 0,29  $\text{mg.l}^{-1}$ .

De berekende concentraties zijn onnauwkeurig en gelden voor een gemiddeld meteorologisch jaar. De gemeten concentratie is gebaseerd op één lokatie en geldt voor de zomer van 1993 die geen gemiddelde meteorologische zomer was. Een vergelijking tussen de berekende en de gemeten concentraties kan daarom alleen gebruikt worden om te controleren of de berekende concentraties dezelfde orde van grootte hebben. Dit blijkt vooral voor stikstof te kloppen.

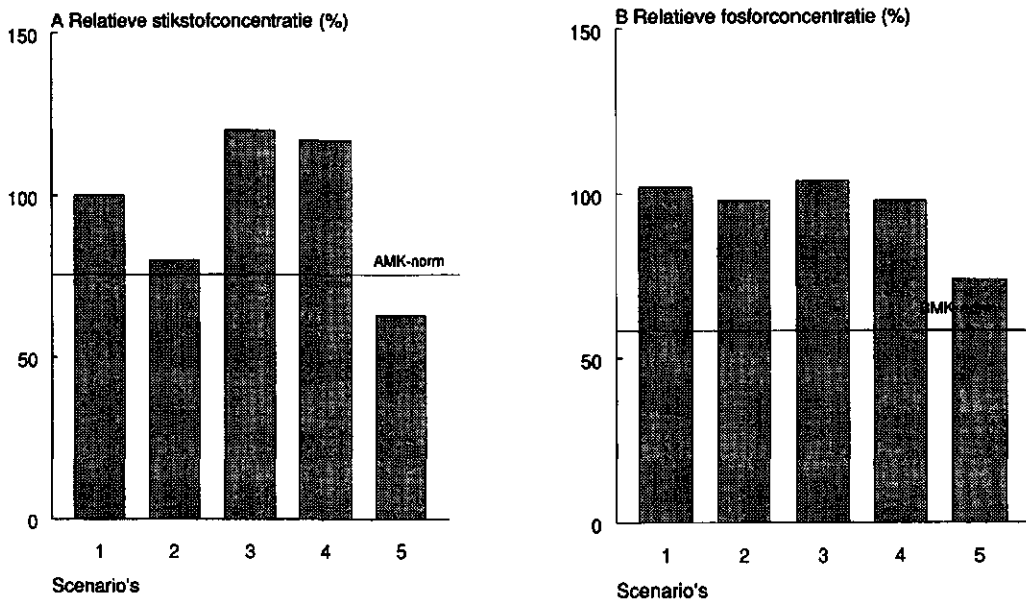


Fig. 2 Berekende zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater voor deelgebied a voor verschillende scenario's en de AMK- en BMK-norm, alle uitgedrukt als percentage ten opzichte van het scenario 'huidige situatie' voor stikstof (A) en fosfor (B) (1 = autonome ontwikkeling; 2 = huidige drooglegging en onbemest; 3 = grote drooglegging bij huidige bemesting; 4 = grote drooglegging bij autonome bemesting; 5 = kleine drooglegging en onbemest)

### ***Scenario 'autonome ontwikkeling'***

In het scenario 'autonome ontwikkeling' wordt het bemestingsoverschot gereduceerd en zakt het maaiveld ten opzichte van NAP. Voor stikstof en fosfor neemt de kwelvracht vanuit het bodemsysteem naar het oppervlaktewater toe en neemt de invloed van het bemestingsoverschot op de belasting van het oppervlaktewater af. De totale stikstofvracht die uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater blijft ongeveer gelijk. De totale fosforvracht neemt volgens de berekeningen af (tabellen 11.1 en 11.2 in aanhangsel 11). Omdat de hoeveelheid water die vanuit en vanaf de bodem uit- en afspoelt vanwege de hogere kwelintensiteit ook toeneemt, zijn de stikstof- en fosforconcentratie in dit water lager dan in het scenario 'huidige situatie'. Dit geldt voor fosfor in iets sterkere mate.

De hogere kwelintensiteit in het bodemsysteem heeft in de berekeningen tot gevolg dat de infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de bodem in de zomer afneemt en omslaat in netto drainage vanuit de bodem naar het oppervlaktewater. Daardoor wordt minder boezemwater ingelaten. Voor de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater van deelgebied a is de afname van inlaatwater negatief omdat het inlaatwater lagere concentraties bevat in vergelijking met het drainagewater.

Het totale effect van de gewijzigde zomerwaterbalans van het oppervlaktewater en de lagere stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water op de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater is negatief. Dit negatieve effect is voor fosfor sterker omdat de waterbodem sterk is opgeladen met fosfor en dus een substantiële hoeveelheid fosfor kan naleveren met het drainagewater vanuit de bodem. De berekende fosforconcentratie in het oppervlaktewater is daarom hoger dan in het scenario 'huidige situatie' (fig. 2). De stikstofconcentratie blijft gelijk.

### ***Scenario 'huidige drooglegging en onbemest'***

In vergelijking met het vorige scenario is alleen het bemestingsoverschot gewijzigd. De waterbalansen voor de bodem en het oppervlaktewater veranderen daarom niet ten opzichte van het scenario 'autonome ontwikkeling' (tabel 11.3 in aanhangsel 11).

Het aandeel van het bemestingsoverschot in de uit- en afspoeling vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater is afgenomen tot nul (tabel 11.4 in aanhangsel 11). Dit is de meest gunstige benadering. In werkelijkheid treden na het stopzetten van de bemesting de effecten van de bemestingshistorie nog lang op. Na 30 jaar zijn deze nog merkbaar. De organische stof in de bodem en het bodemcomplex zijn door de bemesting opgeladen met nutriënten. Vooral voor fosfor heeft dit effect een lange nawerking. Afplaggen van het bovenste deel van het bodemprofiel is een maatregel waardoor het positieve effect van het stopzetten van de bemesting eerder wordt bereikt. Door afplaggen wordt een belangrijk deel van de bodem en de organische stof die zijn opgeladen met nutriënten verwijderd.

De totale stikstof- en fosforvracht die uit- en afspoelt bestaat in dit scenario alleen uit de achtergrondbelasting en de kwelvrachten. Daardoor zijn de totale uit- en afspoelende vrachten kleiner dan bij het scenario 'autonome ontwikkeling'.

Omdat de totale hoeveelheid water die uit- en afspoelt hetzelfde blijft en de vrachten kleiner worden, worden de stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water lager. Dit geeft bij een ongewijzigde zomerwaterbalans van het oppervlaktewater lagere stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater dan in het scenario 'autonome ontwikkeling' (fig. 2).



### ***Scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting'***

Dit scenario geeft het effect weer van een grotere drooglegging. Het effect van de grotere drooglegging kan zichtbaar worden gemaakt door dit scenario te vergelijken met het scenario 'huidige situatie'. Vanwege de grote drooglegging neemt de kwelintensiteit toe. De stikstof- en fosforvrucht, aangevoerd door kwelwater worden groter. Door de grote drooglegging wordt de invloed van het bemestingsoverschot op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater gereduceerd. Het totale effect van de grotere drooglegging op de berekende nutriëntenvrachten die uit- en afspoelen vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater is voor zowel stikstof als fosfor negatief (grotere vrachten) (tabel 11.6 in aanhangsel 11). In de berekeningen werken de toenemende kwelvrachten dus sterker door dan de afnemende invloed van het bemestingsoverschot.

De hoeveelheid water die uit- en afspoelt neemt door de verhoogde kwelintensiteit toe (tabel 11.5 in aanhangsel 11). In de berekeningen bestaat het netto-effect van de grotere uit- en afspoelende nutriëntenvrachten en de grotere hoeveelheid uit- en afspoelend water uit een lagere stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water dan in het scenario 'huidige situatie'.

In vergelijking met het scenario 'huidige situatie' is de berekende waterbalans voor het oppervlaktewater in de zomer volledig veranderd. De infiltratie naar de bodem is omgeslagen in drainage vanuit de bodem naar het oppervlaktewater. Verder wordt geen water meer ingelaten, maar wordt in de zomer netto water uitgeslagen. Het relatief 'schone' inlaatwater wordt dan als het ware voor een deel vervangen door 'vies' drainagewater.

Het totale effect van de gewijzigde waterbalansen en de gewijzigde stikstof- en fosforvrucht die uit- en afspoelt is negatief. De berekende stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater zijn in dit scenario hoger dan in het scenario 'huidige situatie' (fig. 2).

### ***Scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting'***

In dit scenario wordt het bemestingsoverschot gereduceerd ten opzichte van het vorige scenario (tabel 11.8 in aanhangsel 11). Dit levert een lichte verbetering op van de berekende zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Voor fosfor is de verbetering duidelijker. De lagere fosforconcentratie in het oppervlaktewater bij dit scenario ten opzichte van het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting' is volledig het gevolg van de afname van het bemestingsoverschot.

De berekende fosforconcentratie is lager dan de fosforconcentraties in de scenario's 'huidige situatie' en 'autonome ontwikkeling'. Deze ontwikkeling lijkt niet erg realistisch: de toenemende drainage vanuit de bodem naar het oppervlaktewater bij een grotere drooglegging in de zomer zou naar verwachting juist een negatief effect hebben.

### ***Scenario 'kleine drooglegging en onbemest'***

In vergelijking met het scenario 'autonome ontwikkeling' veranderen in dit scenario twee aspecten: de drooglegging neemt af en de bemesting wordt stopgezet. Door de kleinere drooglegging neemt de kwelintensiteit af waardoor de stikstof- en fosforvrucht aangevoerd met kwelwater kleiner worden. De bijdrage van het bemestingsoverschot aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is gereduceerd tot nul (meest gunstige situatie). Dit alles resulteert in de berekeningen in een forse

afname van de totale stikstof- en fosforvracht die uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater (tabel 11.10 in aanhangsel 11).

Doordat de kwelintensiteit afneemt, is de hoeveelheid water die uit- en afspoelt kleiner dan in het scenario 'autonome ontwikkeling' (tabel 11.9 in aanhangsel 11). Voor de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water geeft het effect van de kleinere vrachten de doorslag. De stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water hebben in dit scenario lagere waarden dan in alle andere scenario's.

De lagere kwelintensiteit geeft daarnaast een gewijzigde waterbalans van het oppervlaktewater voor de zomer ten opzichte van het scenario 'autonome ontwikkeling'. De drainage slaat om in infiltratie en de hoeveelheid inlaatwater neemt toe. Voor stikstof en fosfor is de toename van inlaatwater positief omdat dit water relatief lage concentraties bevat ten opzichte van het drainagewater vanuit de bodem. Voor de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater werken beide processen, de kleinere uit- en afspoelende vrachten en de gewijzigde waterbalans, positief. De berekende zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater zijn beduidend lager dan bij alle andere scenario's.

Een vergelijking met het scenario 'huidige drooglegging en onbemest' toont het berekende effect van een kleinere drooglegging. Daaruit blijkt dat voor deelgebied a een lagere kwelintensiteit (kleinere kwelvrachten, gewijzigde waterbalans) voor zowel de stikstof- als de fosforconcentratie in het oppervlaktewater positief is.

De effecten van het scenario 'kleine drooglegging en onbemest' kunnen worden getoetst aan de praktijk van het natuurgebied Donkse Laagten dat grenst aan de noordkant van deelgebied a. Donkse Laagten is vanaf 1984 als reservaatgebied in beheer bij Staatsbosbeheer. In het reservaat is de drooglegging verkleind tot 0,20 m - mv en vindt nog slechts een zeer geringe bemesting plaats (zie 3.5).

Bij het zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden zijn gegevens bekend van de zomerhalfjaargemiddelde oppervlaktewaterkwaliteit in het gebied voor de jaren 1986 en 1990, respectievelijk 2,5 en 6,5 jaar na de functieverandering van het gebied. Voor beide jaren betreft het vijf meetwaarden per zomerhalfjaar voor vijf meetpunten verspreid over het gebied. Volgens de resultaten van het hier besproken scenario zouden de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het natuurgebied Donkse Laagten moeten zijn gedaald in de periode 1986-1990. Omdat beide meetjaren vallen na de functieverandering is er in principe geen verschil in drooglegging en bemestingsregime tussen beide jaren. De verwachte daling van de concentraties in deze periode zou het gevolg zijn van de afnemende invloed van de bemesting uit het verleden. Omdat de periode slechts vier jaar beslaat, zou deze daling gering zijn.

De stikstofconcentratie gemiddeld over het zomerhalfjaar voor Donkse Laagten bedroeg in 1986 1,7 en in 1990 2,7 mg.l<sup>-1</sup>; de fosforconcentratie bedroeg in 1986 0,17 en in 1990 0,20 mg.l<sup>-1</sup>. In plaats van een geringe daling is een stijging van de nutriëntenconcentraties opgetreden. De jaren 1986 en 1990 verschillen in meteorologische omstandigheden. Hierdoor zijn de hydrologische omstandigheden eveneens verschillend voor beide jaren. De verschillen in hydrologische randvoorwaarden hebben een groter effect op de oppervlaktewaterkwaliteit dan de geringe daling van de invloed van bemesting uit het verleden. De meetgegevens van deze jaren zijn daarom niet geschikt om uitspraken te doen over een langjarige gemiddelde trend als die van het hier beschreven scenario. Om hierover een betrouwbare uitspraak

te doen, zijn meetgegevens nodig over een langere periode vóór 1984 en gegevens over een langere periode (enkele decennia) ná 1984. Deze waren niet voorhanden.

### ***Maatregel kroosverwijderen***

In het peilgebied Bergambacht heeft kroosverwijderen volgens de berekeningen van Hendriks et al. (1994) een daling van de stikstofconcentratie in de sloten tot gevolg. Verder blijkt uit de berekeningen dat het effect op de fosforconcentratie groter is dan op de stikstofconcentratie. Dit geldt vooral voor de langere termijn. Voor fosfor neemt het effect toe in de tijd. Voor stikstof geldt het omgekeerde. Voor deze component worden volgens de berekeningen van Hendriks et al. (1994) de grootste effecten bereikt kort na het kroosverwijderen.

Omdat in deelgebied a de bedekkingsgraad met kroos veel kleiner is dan in het peilgebied Bergambacht zal het effect op de stikstof- en fosforconcentratie ook veel minder zijn. Op de lange termijn zal het effect van kroosverwijderen nihil zijn voor stikstof en vrij gering voor fosfor.

### ***Maatregel kwaliteitsbaggeren***

In het peilgebied Bergambacht is de maatregel kwaliteitsbaggeren door Hendriks et al. (1994) onderzocht. Kwaliteitsbaggeren betekent dat de gehele baggerlaag in één jaar wordt verwijderd. Uit het onderzoek blijkt dat de maatregel in het peilgebied Bergambacht een sterk verlagend effect heeft op de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Volgens de berekeningen treedt het positieve effect van baggeren voor fosfor vrij snel op na het uitvoeren van deze maatregel (Hendriks et al., 1994).

Kwaliteitsbaggeren heeft een negatief effect op de stikstofconcentratie, omdat met het verwijderen van de baggerlaag vrijwel alle denitrificatiecapaciteit wordt weggenomen (Hendriks et al., 1994). De hogere stikstofconcentratie in het oppervlaktewater wordt veroorzaakt door een hogere nitraatconcentratie ten opzichte van de situatie zonder kwaliteitsbaggeren. Dit negatieve effect voor stikstof zal reeds op korte termijn worden bereikt en zal niet verbeteren (Hendriks et al., 1994).

De maatregel kwaliteitsbaggeren zoals doorgerekend in het peilgebied Bergambacht geldt voor een theoretische situatie. In de werkelijkheid zal nooit de gehele baggerlaag worden verwijderd. Verwacht wordt dat in de praktijk het negatieve effect op de stikstofconcentratie niet of nauwelijks zal optreden en dat het positieve effect op de fosforconcentratie minder zal zijn (Hendriks et al. 1994).

Bij gebrek aan informatie over de aanwezige baggerlaag in de sloten van de AV wordt aangenomen dat hoeveelheid bagger per oppervlakte-eenheid waterbodembodem niet verschilt ten opzichte van het peilgebied Bergambacht. Verwacht wordt dat in deelgebied a door de maatregel kwaliteitsbaggeren de fosforconcentratie in het oppervlaktewater zal verbeteren en de stikstofconcentratie nauwelijks zal veranderen.

### ***Maatregel doorspoelen***

De gemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het boezemwater in de zomer van 1993 zijn respectievelijk 2,1 en 0,28 mg.l<sup>-1</sup>. Het doorspoelen met inlaatwater van deze kwaliteit werkt waarschijnlijk verlagend op de stikstof- en fosforconcentratie. Alleen voor het scenario 'kleine drooglegging en onbemest' zou het doorspoelen voor de stikstofconcentratie negatief kunnen werken. Al eerder is opgemerkt dat de absolute waarden van de berekende concentraties een laag realiteitsgehalte hebben.

Tabel 29 Berekende jaargemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) in het freatisch grondwater en de daaruit geschatte ammonium-N- en nitraat-N-concentratie ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) voor verschillende scenario's voor deelgebied a

Scenario	Totaal-N	Nitraat-N	Ammonium-N	Totaal-P
Huidige situatie	14,6	0,9	7,6	0,86
Autonome ontwikkeling	11,7	0,7	6,1	0,52
Huidige drooglegging en onbemest	5,6	0,3	2,9	0,41
Grote drooglegging bij huidige bemesting	7,4	0,4	3,8	0,71
Grote drooglegging bij autonome bemesting	8,1	0,5	4,2	0,56
Kleine drooglegging en onbemest	5,9	0,4	3,1	0,41

De nitraat-N-concentratie is voor alle scenario's duidelijk lager dan de streefwaarde van  $5,6 \text{ mg.l}^{-1}$ . Dit komt overeen met ervaringen opgedaan in vergelijkbare onderzoeken in het veenweidegebied (Hendriks, 1991). In het anaërobe en organische-stof-rijke veen verdwijnt het grootste deel van het nitraat door denitrificatie (Hendriks, 1993).

De totaal-P-concentratie in het freatisch grondwater is voor alle scenario's kleiner dan  $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$ . Dit is aanzienlijk lager dan de streefwaarde van  $3,0 \text{ mg.l}^{-1}$ . Voor alle scenario's ligt de fosforconcentratie dus onder de streefwaarde.

In de verschillen tussen de scenario's komt de invloed van het bemestingsoverschot op de concentraties in het freatisch grondwater duidelijk tot uiting. Zowel een lager bemestingsoverschot als een grotere drooglegging, waardoor de bemestingsinvloed wordt gereduceerd, zijn duidelijk te herkennen in de berekende concentraties voor de verschillende scenario's. Dit is logisch omdat het bemestingsoverschot een belangrijke bron van vermist is voor het freatisch grondwater. Een grotere drooglegging heeft voor de fosforconcentratie weinig effect.

### 6.3.3.2 Deelgebied b

Voor deelgebied b zijn alleen de scenario's doorgerekend die betrekking hebben op een agrarische functie. Het betreft de volgende scenario's:

- huidige situatie;
- autonome ontwikkeling;
- grote drooglegging bij huidige bemesting;
- grote drooglegging bij autonome bemesting.

#### *Scenario 'huidige situatie'*

De waterbalansen en de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvrachten vanuit en vanaf de bodem worden weergegeven in tabel 30 en 31. In vergelijking met deelgebied a is de kwel in deelgebied b lager (tabel 30 versus 25). Daardoor wordt in de zomer netto meer infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de bodem berekend. De hoe-

veelheid ingelaten rivier- of boezemwater bedraagt in de berekeningen 40 mm ten opzichte van het totale oppervlak (land + water).

De berekende stikstofvracht aangevoerd met kwel vanuit de bodem is kleiner in vergelijking met deelgebied a (tabel 31 versus 26). De belangrijkste oorzaak is de lagere ammoniumconcentratie in het kwelwater. Daarnaast is de kwelintensiteit kleiner dan in deelgebied a. Voor fosfor is de berekende kwelvracht daarentegen groter ondanks de kleinere kwelintensiteit. Dit is het gevolg van de hogere fosforconcentratie in het kwelwater in deelgebied b ten opzichte van deelgebied a.

Deelgebied b bestaat gedeeltelijk uit kleigronden. De kleigronden hebben een lagere achtergrondbelasting dan de veengronden (zie 4.3.2.1). Daardoor is de achtergrondbelasting gemiddeld over het gehele deelgebied voor zowel stikstof als fosfor in deelgebied b lager dan in deelgebied a.

*Tabel 30 Waterbalans (in mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied b voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'huidige situatie' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	55	31
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	9	-9
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	20	-375
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-271	5065
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-220	200
	lozingen	2	2
	inlaat(+)/uitlaat(-)	573	-5640

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 31 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten (kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied b, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'huidige situatie'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	3	8	1,6	46
Achtergrondbelasting	12	36	1,0	29
Bemestingsoverschot	18	55	0,9	26
Totaal	33	100	3,5	100

Omdat deelgebied b een grotere drooglegging heeft dan deelgebied a, is de invloed van het bemestingsoverschot op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater kleiner in deelgebied b. De berekende totale stikstofvracht die uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater is twee keer zo klein als die van deelgebied a. De berekende totale fosforvracht die uit- en afspoelt is daarentegen enigszins groter dan in deelgebied b. Door de kleinere kwelintensiteit is ook de hoeveelheid water die uit- en afspoelt kleiner dan in deelgebied a.

De berekende zomerhalfjaargemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie in het oppervlaktewater zijn 1,5 en 0,50 mg.l<sup>-1</sup> (tabel 32). Aan de absolute waarde van deze getallen mag niet teveel waarde worden gehecht. In figuur 3 vormen deze concentraties de referentie (100%) voor de concentraties van de overige scenario's.

Tabel 32 Berekende totaal-N- en totaal-P-concentratie (mg.l<sup>-1</sup>) in het oppervlaktewater van deelgebied b voor een gemiddelde meteorologische zomer en voor verschillende scenario's

Scenario	Totaal-N	Totaal-P
Huidige situatie	1,5	0,50
Autonome ontwikkeling	1,2	0,53
Grote drooglegging bij huidige bemesting	1,0	0,63
Grote drooglegging bij autonome bemesting	1,0	0,60

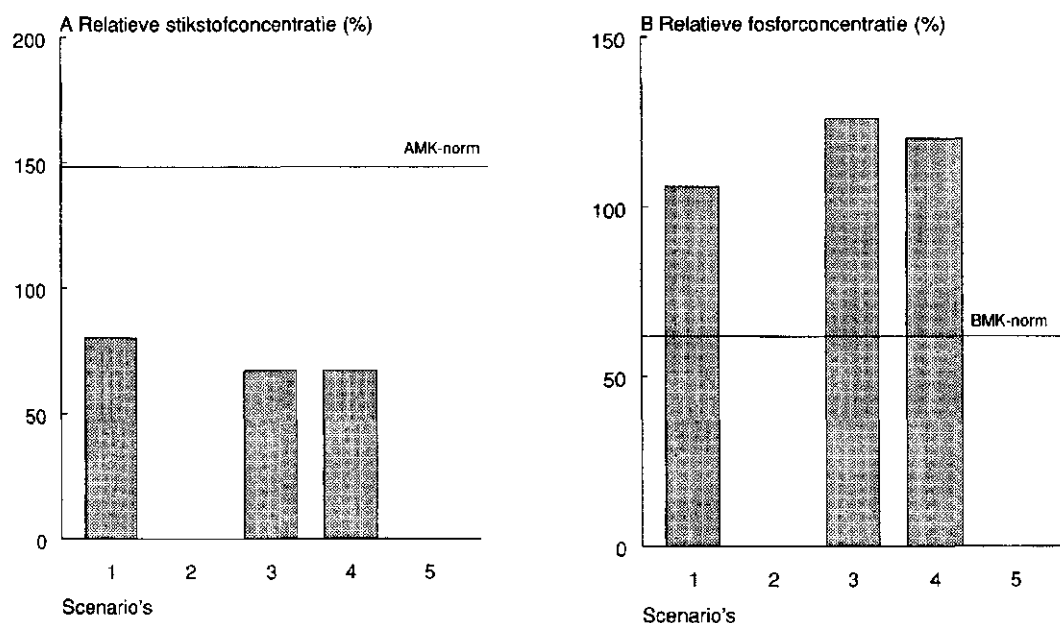


Fig. 3 Berekende zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater voor deelgebied b voor verschillende scenario's en de AMK- en BMK-norm, alle uitgedrukt als percentage ten opzichte van het scenario 'huidige situatie' voor stikstof (A) en fosfor (B) (1 = autonome ontwikkeling; 3 = grote drooglegging bij huidige bemesting; 4 = grote drooglegging bij autonome bemesting)

De gemiddelden van de stikstof- en fosforconcentratie die in deelgebied b zijn waargenomen in de zomer van 1993 zijn 2,8 en 0,56 mg.l<sup>-1</sup> (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden) (bijlagen 15 en 16). De berekende stikstofconcentratie is duidelijk lager dan de gemeten stikstofconcentratie. Voor fosfor komen de berekende en de gemeten waarden redelijk overeen.

#### ***Scenario 'autonome ontwikkeling'***

In het scenario 'autonome ontwikkeling' neemt de kwel toe. De infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de bodem en de hoeveelheid inlaatwater nemen af (tabel 11.11 in aanhangsel 11). De berekende stikstof- en fosforvrucht aangevoerd met kwelwater stijgen enigszins. Verder neemt de invloed van het bemestingsoverschot op de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvrucht naar het oppervlaktewater af door de reductie van het bemestingsoverschot. Door bovenstaande effecten is een lagere stikstofbelasting vanuit de bodem naar het oppervlaktewater berekend (tabel 11.12 in aanhangsel 11). De berekende fosforbelasting vanuit de bodem naar het oppervlaktewater blijft ongeveer gelijk. Bovendien neemt de hoeveelheid uit- en afspoelend water toe door de verhoogde kwelintensiteit. Voor de stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water is een afname berekend ten opzichte van de huidige situatie.

De berekende stikstofconcentratie in het oppervlaktewater is ongeveer 20% lager dan in het scenario 'huidige situatie' (fig. 3). De autonome ontwikkeling werkt dus gunstig door voor stikstof. Ondanks de lagere fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water die is berekend, neemt de fosforconcentratie in het oppervlaktewater volgens de berekeningen licht toe ten opzichte van het scenario 'huidige situatie' (fig. 3). Dit is een gevolg van de gewijzigde zomerwaterbalans van het oppervlaktewater.

#### ***Scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting'***

Bij het vergelijken van dit scenario met het scenario 'huidige situatie' wordt de invloed van de grotere drooglegging duidelijk. Behalve de grotere drooglegging speelt in dit scenario ook de zakking van het maaiveld een rol; dit in tegenstelling tot de huidige situatie. De grote drooglegging en de zakking van het maaiveld resulteren in een hogere kwelintensiteit bij dit scenario in vergelijking met het scenario 'huidige situatie'. Daardoor is berekend dat de netto-infiltratie in de zomer vanuit het oppervlaktewater naar de bodem omslaat in netto-drainage vanuit de bodem naar het oppervlaktewater. De hoeveelheid in te laten water is volgens de berekeningen gehalveerd ten opzichte van de 'huidige situatie' (tabel 11.13 in aanhangsel 11).

De berekende stikstof- en fosforvrucht aangevoerd met kwelwater vanuit de bodem naar het oppervlaktewater nemen toe ten opzichte van de huidige situatie. Doordat de drooglegging groter wordt, neemt de invloed van het bemestingsoverschot op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater af (tabel 11.14 in aanhangsel 11). Dit effect is voor fosfor duidelijk minder dan voor stikstof. Uit de berekeningen volgt dat de resultante van beide effecten een afname is van de totale uit- en afspoelende stikstofvrucht en een toename van de totale uit- en afspoelende fosforvrucht. Daarnaast stijgt de hoeveelheid water die uit- en afspoelt vanwege de hogere kwelintensiteit. In vergelijking met het 'huidige scenario' is een lagere stikstof- en een hogere fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water berekend.

In de zomerwaterbalans van het oppervlaktewater verandert volgens de berekeningen netto-infiltratie naar de bodem in netto-drainage vanuit de bodem. Dit heeft voor zowel stikstof als fosfor een negatief effect. Er wordt een hoeveelheid 'schoon' inlaatwater 'ingeruild' tegen een hoeveelheid 'vuil' drainagewater. Als gevolg van alle bovenstaande processen is een lagere zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie en een hogere zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater berekend in vergelijking met het scenario 'huidige situatie' en het scenario 'autonome ontwikkeling'.

Een grotere drooglegging in deelgebied b werkt in de berekeningen dus positief door op de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater via de afnemende invloed van het bemestingsoverschot en de grotere hoeveelheid uit- en afspoelend water. Dit in tegenstelling tot deelgebied a waar een grotere drooglegging vanwege de hoge ammoniumconcentratie in het kwelwater volgens de berekeningen een negatief effect heeft op de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Voor fosfor werkt een grotere drooglegging in deelgebied b volgens de berekeningen negatief door op de concentratie in het oppervlaktewater. Omdat deelgebied b in de huidige situatie een relatief grote drooglegging heeft, is de invloed van het bemestingsoverschot op de uit- en afspoeling van fosfor klein. Een toename in de drooglegging brengt dan nog maar een klein positief effect teweeg op de invloed van het bemestingsoverschot. De negatieve effecten (kwelvracht, gewijzigde zomerwaterbalans) op de uiteindelijke fosforconcentratie in het oppervlaktewater wegen volgens de berekeningen zwaarder dan het geringe positieve effect van de afname van de invloed van het bemestingsoverschot.

#### ***Scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting'***

In vergelijking met het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting' verandert alleen het bemestingsniveau (tabel 11.16 in aanhangsel 11). De gevolgen hiervan voor de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater in de zomer zijn in de berekeningen nihil. De berekende stikstofconcentratie in het oppervlaktewater blijft hetzelfde. Daarentegen is in dit scenario een klein positief effect berekend voor de fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Het lagere bemestingsniveau betekent dat de bijdrage van het bemestingsoverschot aan de uit- en afspoeling van fosfor in de berekeningen zodanig afneemt dat het een lagere fosforconcentratie in het oppervlaktewater tot gevolg heeft.

Wanneer dit scenario wordt vergeleken met het scenario 'autonome ontwikkeling' blijkt de grote drooglegging ook voor dit bemestingsniveau een gunstige invloed te hebben op de berekende stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Voor de berekende fosforconcentratie is deze drooglegging ook voor dit bemestingsniveau ongunstig.

#### ***Overige maatregelen***

De maatregelen kroosverwijderen en kwaliteitsbaggeren hebben over het algemeen dezelfde effecten in deelgebied b als in deelgebied a. Door de lage stikstofconcentratie in het oppervlaktewater in deelgebied b is de verwachting dat het effect van kroosverwijderen op deze concentratie nihil is. De maatregel doorspoelen heeft in deelgebied b voor de stikstofconcentratie mogelijk tegenstelde effecten ten opzichte van deelgebied a, omdat de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater in deelgebied b duidelijk lager is dan in deelgebied a. Aan de absolute waarde van de berekende



stikstof- en fosforconcentratie mag echter maar beperkte waarde worden gehecht. Toch lijkt de tendens te bestaan dat de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater lager is dan de AMK-norm voor het oppervlaktewater en ook lager dan de stikstofconcentratie in het inlaatwater (boezemwater) (tabel 7). De maatregel doorspoelen zou daarom ongunstig kunnen zijn voor de stikstofconcentratie. Voor de fosforconcentratie geldt het omgekeerde. De berekende fosforconcentratie ligt waarschijnlijk boven de BMK-norm en is ook hoger dan de fosforconcentratie in het boezemwater. Doorspoelen is dan juist gunstig.

### **Resumé oppervlaktewater**

Tot slot worden de bovenbeschreven resultaten voor de verschillende scenario's en maatregelen in tabel 33 kwalitatief samengevat. Hierbij zijn de resultaten van scenario's en maatregelen uitgezet tegen de autonome ontwikkeling.

Een grotere drooglegging werkt waarschijnlijk positief door op de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Dit in tegenstelling tot de resultaten van deelgebied a. De verklaring voor de tegengestelde effecten tussen de deelgebieden vormt de hogere ammoniumconcentratie in het kwelwater bij deelgebied b. Voor de fosforconcentratie werkt de grotere drooglegging in deelgebied b waarschijnlijk negatief door.

De afname van het bemestingsoverschot heeft vooral bij de grotere drooglegging weinig invloed op de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Door de relatief grote drooglegging in de huidige situatie is de onverzadigde zone dermate groot dat een groot deel van de meststoffen mineraliseert, nitrificeert, denitrificeert en adsorbeert aan het bodemcomplex. Een verdere verlaging van het peil heeft dan nog weinig effect op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater veroorzaakt door het bemestingsoverschot.

*Tabel 33 Effecten van de verschillende scenario's en maatregelen op de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in deelgebied b, kwalitatief uitgedrukt ten opzichte van de autonome ontwikkeling*

Scenario's/maatregelen	Stikstof	Fosfor
Grote drooglegging bij huidige bemesting	+	--
Grote drooglegging bij autonome bemesting	+	--
Kroosverwijderen	o	+
Kwaliteitsbaggeren	o	++
Doorspoelen	-	+

- concentratie in oppervlaktewater neemt duidelijk toe ten opzichte van de autonome ontwikkeling
- concentratie in oppervlaktewater neemt iets toe
- o geen duidelijke toe- of afname van de concentraties
- + concentratie neemt iets af
- ++ concentratie neemt duidelijk af

Ondanks de onzekerheden in de berekeningsresultaten is het waarschijnlijk dat in deelgebied b de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie bij de scenario's onder de AMK-norm ligt. De kans dat de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater onder de AMK-norm ligt is het grootst voor de scenario's met de grotere drooglegging. De overige maatregelen hebben geen of een negatief effect op de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie. Voor deze maatregelen is het minder zeker of de AMK-norm wordt gehaald.

De fosforconcentratie in het oppervlaktewater ligt waarschijnlijk boven de BMK-norm. Maatregelen zoals een grotere drooglegging werken naar verwachting ongunstig door op de fosforconcentratie in het oppervlaktewater. Andere maatregelen als kroosverwijderen, kwaliteitsbaggeren en doorspoelen kunnen in deelgebied b waarschijnlijk de fosforconcentratie in het oppervlaktewater verlagen. Hoe groot deze verlaging is, is onbekend. Het combineren van de maatregelen kroosverwijderen, baggeren en doorspoelen is vooral positief voor fosfor. Voor stikstof heeft het combineren van maatregelen naar verwachting geen duidelijk positief of negatief effect.

Deelgebied b is minder homogeen dan deelgebied a. De resultaten voor deelgebied b zullen dus minder nauwkeurig zijn. Vooral het noordelijk deel van deelgebied b wijkt af van de rest van het deelgebied. In het noorden ligt een stroomrug met kleiige gronden en een hogere ligging dan de omgeving. De bovengenoemde resultaten van de verschillende scenario's en maatregelen zijn gemiddelden voor het totale deelgebied b. Ze zullen niet even representatief zijn voor elk deel van dit deelgebied.

#### ***Freatisch grondwater***

Voor deelgebied b zijn de jaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het freatisch grondwater berekend (tabel 34). De componenten nitraat-N, ammonium-N en totaal-P liggen allemaal onder de streefwaarden die voor het freatisch grondwater worden aangehouden. Verder kan worden verwezen naar de opmerkingen bij tabel 29 bij de bespreking van deelgebied a (zie 6.3.3.1). Omdat het bemestingsoverschot de belangrijkste en enige vermestingsbron is van het freatisch grondwater die kan worden beïnvloed, zullen maatregelen die het bemestingsoverschot terugdringen alleen effect sorteren. Deze effecten zullen pas op de langere termijn duidelijk optreden.

*Tabel 34 Berekende jaargemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie (mg.l<sup>-1</sup>) in het freatisch grondwater en de daaruit geschatte ammonium-N- en nitraat-N-concentratie (mg.l<sup>-1</sup>) voor verschillende scenario's voor deelgebied b*

Scenario	Totaal-N	Nitraat-N	Ammonium-N	Totaal-P
Huidige situatie	10,9	0,9	5,4	0,71
Autonome ontwikkeling	8,5	0,7	4,2	0,52
Grote drooglegging bij huidige bemesting	7,2	0,6	3,5	0,63
Grote drooglegging bij autonome bemesting	6,5	0,5	3,2	0,52

### 6.3.3.3 Deelgebied c

Voor deelgebied c zijn alle in 6.3.2 genoemde scenario's doorgerekend. Dus inclusief de scenario's die niet relevant zijn voor een landbouwkundige functie namelijk 'huidige drooglegging en onbemest' en 'kleine drooglegging en onbemest'. Volgens het ontwerp streekplan 'Zuid-Holland Oost' komen delen van deelgebied c in de toekomst in aanmerking voor ANL-gebied (Provincie Zuid-Holland, 1994a).

#### *Scenario 'huidige situatie'*

De waterbalansen en de uit- en afspoelende stikstof- en fosforvrucht vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater worden voor dit scenario weergegeven in de tabellen 35 en 36. In deelgebied c heerst in tegenstelling tot de twee andere deelgebieden een netto-wegzijgingssituatie. De berekende netto-infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de bodem is hoger dan in deelgebied b. Volgens de berekeningen wordt in deelgebied c in de zomer 56 mm boezemwater ingelaten ten opzichte van het totale oppervlak (land + water). Dit is meer dan in de deelgebieden a en b.

Omdat in het scenario 'huidige situatie' netto-wegzijging is berekend, spoelen over het jaar gezien geen nutriënten met kwel uit naar het oppervlaktewater. Daarentegen zal neerwaarts transport optreden van stikstof en fosfor naar de diepere ondergrond. Omdat de netto-wegzijging zo gering is, is deze uitspoeling niet substantieel en daarom in de berekeningen verder verwaarloosd.

Omdat deelgebied c uit klei- en drechtvaaggronden bestaat, is de achtergrondbelasting relatief laag: voor stikstof  $3,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  en voor fosfor  $0,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (tabel 36).

*Tabel 35 Waterbalans (in mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'huidige situatie' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	28	-34
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	7	-7
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	49	-312
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-937	5919
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-110	110
	lozingen	3	3
	inlaat(+)/uitlaat(-)	1128	-6385

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

Tabel 36 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied c, onderscheiden naar vermistingsbron voor het scenario 'huidige situatie'

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	0	0	0	0
Achtergrondbelasting	3	13	0,5	36
Bemestingsoverschot	21	87	0,9	64
Totaal	24	100	1,4	100

Uit de berekeningen volgt dat de bijdrage van het bemestingsoverschot aan de totale stikstof- en fosforvracht die uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater voor stikstof 87% en voor fosfor 64% is. Deze berekende bijdragen zijn veel hoger dan bij de deelgebieden a en b. Dit wordt veroorzaakt doordat voor deelgebied c het kwelaandeel ontbreekt en het aandeel van de achtergrondbelasting relatief laag is.

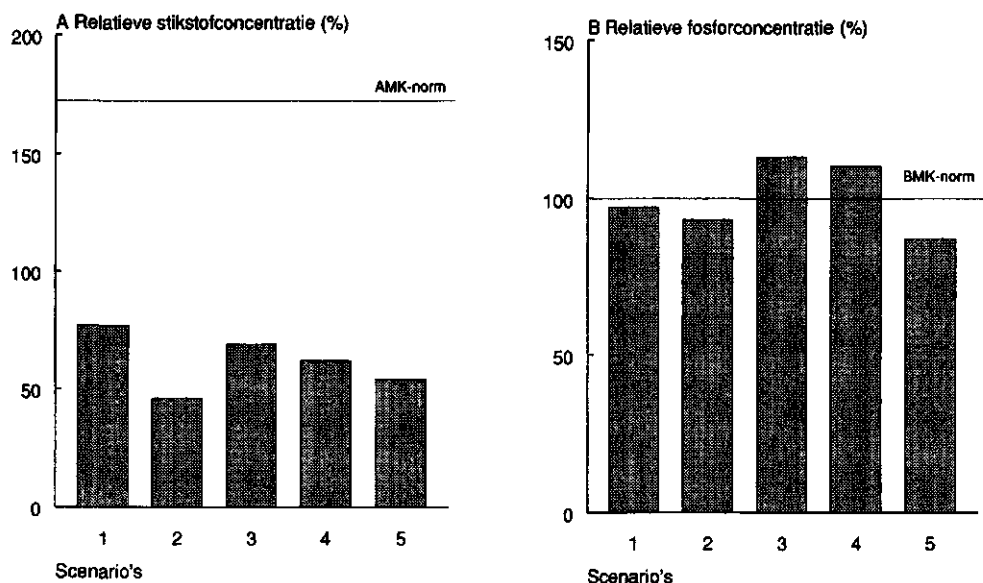
De berekende hoeveelheid uit- en afspoelend water is vanwege de netto-wegzijingssituatie ook laag in vergelijking met de twee andere deelgebieden. In de berekeningen blijkt het netto-resultaat van de lagere vrachten en de geringere hoeveelheid uit- en afspoelend water een lagere stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water te geven ten opzichte van de deelgebieden a en b. Vooral de berekende fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water is duidelijk lager.

De berekende zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater zijn respectievelijk 1,3 en 0,30  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (tabel 37). In figuur 4 vormen deze concentraties de referentie (100%) voor de concentraties van de overige scenario's.

De gemiddelden van de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater die in het deelgebied waarvan deelgebied c deel uitmaakt, zijn waargenomen in de zomer van 1993 zijn 2,0 en 0,97  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden) (bijlagen 15 en 16). Zowel de gemeten stikstof- als fosforconcentratie zijn hoger dan de berekende waarden. Voor fosfor is de gemeten concentratie drie keer zo hoog als de berekende waarde.

Tabel 37 Berekende totaal-N- en totaal-P-concentratie ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) in het oppervlaktewater van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en voor verschillende scenario's

Scenario	Totaal-N	Totaal-P
Huidige situatie	1,3	0,30
Autonome ontwikkeling	1,0	0,29
Huidige drooglegging en onbemest	0,6	0,28
Grote drooglegging bij huidige bemesting	0,9	0,34
Grote drooglegging bij autonome bemesting	0,8	0,33
Kleine drooglegging en onbemest	0,7	0,25



*Fig. 4 Berekende zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater voor deelgebied c voor verschillende scenario's en de AMK- en BMK-norm, alle uitgedrukt als percentage ten opzichte van het scenario 'huidige situatie' voor stikstof (A) en fosfor (B) (1 = autonome ontwikkeling; 2 = huidige drooglegging en onbemest; 3 = grote drooglegging bij huidige bemesting; 4 = grote drooglegging bij autonome bemesting; 5 = kleine drooglegging en onbemest)*

Een mogelijke verklaring voor de hogere gemeten waarden in het deelgebied waarvan deelgebied c deel uitmaakt, is de invloed van effluenten van de awzi in het deelgebied. De lozingen van effluenten van een awzi kan lokaal de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater verhogen. Daarnaast zijn de berekende concentraties onnauwkeurig en gelden voor een gemiddeld meteorologisch jaar. De gemeten concentraties zijn gebaseerd op enkele lokaties en gelden voor de zomer van 1993 die geen gemiddelde meteorologische zomer was.

#### **Scenario 'autonome ontwikkeling'**

In dit scenario neemt in de berekeningen de kwel in de zomer licht toe en de wegzijging in de winter licht af ten opzichte van het scenario 'huidige situatie'. Dit wordt veroorzaakt door de zakking van het maaiveld gedurende de dertig jaar waarvoor het scenario is 'doorgerekend'. Omdat het deelgebied uit klei- en drechtvaaggronden bestaat is de zakking en dus de verandering in de kwel of wegzijging zeer gering. De veranderingen in de zomerwaterbalans (infiltratie, inlaat) van het oppervlaktewater zijn daarom ook klein. Over het jaar gezien is een netto-wegzijgingssituatie berekend (tabel 11.17 in aanhangsel 11).

Door de afname van het bemestingsoverschot ten opzichte van het scenario 'huidige situatie', is voor zowel stikstof als fosfor berekend dat de uit- en afspoelende vracht naar het oppervlaktewater die het gevolg is van het bemestingsoverschot ongeveer is gehalveerd. Omdat het bemestingsoverschot de belangrijkste bron is van de totale uit- en afspoelende vracht, neemt deze vracht hierdoor ook substantieel af (tabel 11.18 in aanhangsel 11). Aangezien de hoeveelheid uit- en afspoelend water in de berekeningen nauwelijks verandert, heeft de berekende afname van de totale uit- en

afspoelende vracht een daling van de berekende stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water tot gevolg. Deze daling heeft in de berekeningen een daling van de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater tot gevolg (fig. 4). De berekende zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater daalt nauwelijks doordat fosfor sterk is gebufferd in de waterbodem.

#### ***Scenario 'huidige drooglegging en onbemest'***

In het scenario 'huidige drooglegging en onbemest' veranderen de waterbalansen niet ten opzichte van het scenario 'autonome ontwikkeling'. De bijdrage van het bemestingsoverschot aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater valt weg (tabel 11.20 in aanhangsel 11). Dit is de meest gunstige benadering. In werkelijkheid treden de effecten van de bemestingshistorie na het stopzetten van de bemesting nog lang op en zijn na 30 jaar nog merkbaar. Voor de totale uit- en afspoelende vracht vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater blijft alleen de achtergrondbelasting over. Een vergelijking van de resultaten van dit scenario met de resultaten van het scenario 'autonome ontwikkeling' geeft de invloed aan van het bemestingsoverschot op de totale uit- en afspoelende vracht.

Volgens de berekeningen neemt de stikstof- en fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water af. De berekende zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater neemt sterk af ten opzichte van de autonome ontwikkeling. De berekende zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie neemt iets af (fig. 4).

#### ***Scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting'***

Een vergelijking van de resultaten van dit scenario met de resultaten van het scenario 'huidige situatie' geeft de invloed aan van de grotere drooglegging en de zakking van het maaiveld. Volgens de berekeningen slaat de netto-wegzijingssituatie in dit scenario om in een netto-kwelsituatie. De infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de bodem neemt af; de hoeveelheid ingelaten water neemt af maar bedraagt in de berekeningen nog 47 mm ten opzichte van het totale oppervlak (land + water) (tabel 11.21 in aanhangsel 11).

Vanwege de berekende netto-kwelsituatie is kwel in dit scenario een vermestingsbron voor het oppervlaktewater. Vooral voor fosfor vormt de berekende kwelvracht een belangrijke bijdrage aan de totale fosforvracht die uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater (tabel 11.22 in aanhangsel 11). De oorzaak hiervan is de relatief hoge fosforconcentratie in het kwelwater ten opzichte van die in de rest van het uit- en afspoelende water. Voor stikstof heeft de berekende kwelvracht maar een klein aandeel in de totale uit- en afspoelende stikstofvracht. De verklaring hiervoor is de lage ammoniumconcentratie in het kwelwater.

Verder is door de grotere drooglegging een flinke reductie berekend van het deel van de uit- en afspoelende stikstofvracht naar het oppervlaktewater behorend bij het bemestingsoverschot. Voor fosfor is de berekende reductie van de uit- en afspoelende fosforvracht door het bemestingsoverschot klein. De totale berekende stikstofvracht die uit- en afspoelt is gehalveerd ten opzichte van het scenario 'huidige situatie'. Daarentegen volgt uit de berekeningen dat de totale fosforvracht die uit- en afspoelt enigszins toeneemt.

De hoeveelheid water die uit- en afspoelt neemt door de verhoogde kwelintensiteit toe. De berekende stikstofconcentratie in het uit- en afspoelende water wordt kleiner

ten opzichte van de huidige situatie. De berekende fosforconcentratie blijft ongeveer gelijk.

De wijzigingen in de zomerwaterbalans van het oppervlaktewater die uit de berekeningen volgen zijn voor stikstof positief en fosfor negatief. In vergelijking met de huidige situatie neemt voor stikstof de hoeveelheid 'vuil' inlaatwater af en infiltreert een kleinere hoeveelheid 'schoon' oppervlaktewater naar de bodem. Voor fosfor is dit net andersom. De lagere stikstofconcentratie in het uit- en afspoelende water en de positieve wijzigingen in de zomerwaterbalans van het oppervlaktewater geven een daling van de berekende zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater ten opzichte van de huidige situatie. De berekende zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie stijgt licht ten opzichte van het scenario 'huidige situatie' (fig. 4).

#### ***Scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting'***

Dit scenario wordt vergeleken met het scenario 'autonome ontwikkeling'. In vergelijking met dit scenario neemt in de berekeningen de totale uit- en afspoelende stikstofvracht naar het oppervlaktewater af tengevolge van de toegenomen drooglegging (tabel 11.24 in aanhangsel 11). Hiervoor geldt dezelfde verklaring als bij het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting', namelijk de afname van de invloed van het bemestingsoverschot. Voor de totale fosforvracht die uit- en afspoelt is daarentegen een toename berekend. Het aandeel van de kwel aan de totale uit- en afspoelende fosforvracht is namelijk groter, terwijl het aandeel van het bemestingsoverschot gelijk blijft.

In vergelijking met het scenario 'autonome ontwikkeling' is de berekende stikstofconcentratie in het water dat uit- en afspoelt lager, de berekende fosforconcentratie is daarentegen hoger. De berekende zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater is lager dan in het scenario 'autonome ontwikkeling', de berekende zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie is hoger. De hogere fosforconcentratie is het gevolg van de berekende toename van de kwelvracht en de wijzigingen in de zomerwaterbalans van het oppervlaktewater. Door de wijzigingen in de zomerwaterbalans wordt voor fosfor een kleinere hoeveelheid 'schoon' boezemwater ingelaten en infiltreert een kleinere hoeveelheid 'vuil' oppervlaktewater naar de bodem ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

#### ***Scenario 'kleine drooglegging en onbemest'***

Dit scenario wordt vergeleken met het scenario 'autonome ontwikkeling'. De wegzijging neemt in dit scenario verder toe door de kleinere drooglegging. Hierdoor is voor de zomer een grotere infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de bodem en een grotere inlaathoeveelheid naar het oppervlaktewater berekend (tabel 11.25 in aanhangsel 11). De totale stikstof- en fosforvracht die uit- en afspoelt bestaat alleen uit de achtergrondbelasting. De bijdrage van het bemestingsoverschot aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater valt weg (meest gunstige benadering). Daarnaast spoelen vanwege de grote wegzijging een substantiële stikstof- en fosforvracht uit naar het diepere profiel. Deze zijn in dit scenario meegenomen in de berekeningen (tabel 11.26 in aanhangsel 11).

De berekende stikstof- en fosforconcentratie van het uit- en afspoelende water zijn aanzienlijk lager dan in het scenario 'autonome ontwikkeling'. De berekende stikstofconcentratie in het oppervlaktewater is lager dan in het scenario 'autonome

ontwikkeling' en hoger dan in het scenario 'huidige drooglegging en onbemest'. Hieruit kan worden geconcludeerd dat uit de berekeningen volgt dat voor stikstof in deelgebied c vooral de reductie van het bemestingsoverschot belangrijk is. Deze reductie kan tot stand komen door een lager bemestingsoverschot en een dieper peil. Verder blijkt uit de berekeningen dat een kleine drooglegging in deelgebied c ongunstig doorwerkt op de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Dit is het gevolg van de wijzigingen in de zomerwaterbalans van het oppervlaktewater (meer inlaat, minder drainage).

De berekende fosforconcentratie in dit scenario is de laagste van alle scenario's. De berekende wijzigingen in de zomerwaterbalans van het oppervlaktewater zijn voor fosfor dermate gunstig dat de berekende fosforconcentratie lager is dan die in het scenario 'huidige drooglegging en onbemest'. Uit de berekeningen blijkt dat voor fosfor een kleine drooglegging met minder kwelinvloed en meer inlaatwater gunstig is.

### ***Overige maatregelen***

De maatregelen kroosverwijderen en kwaliteitsbaggeren hebben over het algemeen dezelfde effecten in deelgebied c als in de deelgebieden a en b. Voor het effect van kroosverwijderen op de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater geldt hetzelfde als opgemerkt bij deelgebied b. De maatregel doorspoelen heeft in deelgebied c hetzelfde effect als in deelgebied b. De stikstofconcentratie in het oppervlaktewater is ondanks de onnauwkeurigheden in de resultaten waarschijnlijk lager dan de AMK-norm voor het oppervlaktewater en ook lager dan de stikstofconcentratie in het inlaatwater. De maatregel doorspoelen is daarom waarschijnlijk ongunstig voor stikstof. Voor fosfor geldt dat de verschillen in concentraties tussen het boezemwater en het oppervlaktewater dermate klein zijn dat geen betrouwbare uitspraak kan worden gedaan over het effect van doorspoelen.

### ***Resumé oppervlaktewater***

Tot slot worden de bovenbeschreven resultaten voor de verschillende scenario's en maatregelen in tabel 38 kwalitatief samengevat. Het terugdringen van het bemestingsoverschot werkt op de langere termijn verlagend op de stikstofconcentratie van het oppervlaktewater. Een grotere drooglegging in deelgebied c geeft waarschijnlijk een lagere zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Dit wordt veroorzaakt door de relatief lage ammoniumconcentratie in het kwelwater, de afname van de invloed van het bemestingsoverschot op de uit- en afspoelende vracht en de wijzigingen in de zomerwaterbalans voor het oppervlaktewater. Voor de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater werkt een grotere drooglegging waarschijnlijk verhogend op de concentratie. Dit is het gevolg van een relatief hoge fosforconcentratie in het kwelwater en voor fosfor ongunstige wijzigingen van de zomerwaterbalans van het oppervlaktewater. Toch komt dit niet zozeer tot uiting in de berekende fosforconcentratie in het oppervlaktewater, omdat fosfor sterk is gebufferd in de waterbodem.

De toename van de hoeveelheid inlaatwater is naar verwachting voor stikstof ongunstig, omdat de stikstofconcentratie in het boezemwater hoger is dan die in het oppervlaktewater.



*Tabel 38 Effecten van de verschillende scenario's en maatregelen op de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in deelgebied c, kwalitatief uitgedrukt ten opzichte van de autonome ontwikkeling*

Scenario's/maatregelen	Stikstof	Fosfor
Huidige drooglegging en onbemest	++	o
Grote drooglegging bij huidige bemesting	+	-
Grote drooglegging bij autonome bemesting	+	-
Kleine drooglegging en onbemest	++	+
Kroosverwijderen	o	+
Kwaliteitsbaggeren	o	++
Doorspoelen	-	o

- concentratie in oppervlaktewater neemt iets toe ten opzichte van de autonome ontwikkeling
- o geen duidelijke toe- of afname van de concentraties
- + concentratie neemt iets af
- ++ concentratie neemt duidelijk af

De berekende fosforconcentratie in het oppervlaktewater ligt voor alle scenario's behalve het scenario 'kleine drooglegging en onbemest' boven de fosforconcentratie van het boezemwater. Omdat de verschillen tussen de fosforconcentratie van het oppervlaktewater en die van het boezemwater klein zijn, is niet aan te geven of het ingelaten boezemwater een gunstige of ongunstige invloed heeft op de fosforconcentratie in het oppervlaktewater.

Ondanks de onnauwkeurigheden lijkt een stikstofconcentratie onder de AMK-norm voor alle scenario's waarschijnlijk. De berekende fosforconcentratie ligt rond de BMK-norm. Vanwege de onnauwkeurigheid in de berekende fosforconcentraties is het niet mogelijk om aan te geven of de BMK-norm voor bepaalde scenario's wordt gehaald. Het is mogelijk dat de BMK-norm wordt bereikt bij combineren van de maatregelen 'verkleinen drooglegging', 'beëindigen bemesting', 'kroosverwijderen' en 'baggeren'.

Evenals deelgebied b is deelgebied c minder homogeen dan deelgebied a. De berekende stikstof- en fosforconcentraties, de stikstof- en fosforvrachten en de waterbalansen zijn daarom minder nauwkeurig en minder representatief voor het gehele deelgebied dan bij deelgebied a.

### ***Freatisch grondwater***

Voor deelgebied c zijn jaargemiddelde stikstof- en fosforconcentraties in het freatisch grondwater berekend (tabel 39). Evenals bij deelgebied a en b liggen bij deelgebied c de berekende concentraties van de componenten nitraat-N, ammonium-N en totaal-P allemaal onder de streefwaarden die voor het freatisch grondwater gelden. De berekende nitraat-N-concentraties zijn relatief hoog in vergelijking met de twee andere deelgebieden. Doordat in deelgebied c kleigronden voorkomen met relatief weinig organische stof, wordt in dit deelgebied minder nitraat gedenitrificeerd. Dit geldt vooral voor de lokaal voorkomende stroomruggen.

Tabel 39 Berekende jaargemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentratie ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) in het freatisch grondwater en de daaruit geschatte ammonium-N- en nitraat-N-concentratie ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) voor verschillende scenario's voor deelgebied c

Scenario	Totaal-N	Nitraat-N	Ammonium-N	Totaal-P
Huidige situatie	8,9	2,2	3,8	0,52
Autonome ontwikkeling	5,5	1,4	2,4	0,33
Huidige drooglegging en onbemest	1,1	0,3	0,5	0,19
Grote drooglegging bij huidige bemesting	4,2	1,1	1,8	0,45
Grote drooglegging bij autonome bemesting	3,3	0,8	1,4	0,33
Kleine drooglegging en onbemest	1,1	0,3	0,5	0,19

Voor deelgebied c is, op grond van modelgegevens voor klei-op-veengronden, aangenomen dat het nitraataandeel in de totale stikstofconcentratie 25% bedraagt. Voor bodems die volledig uit klei bestaan en die diep zijn ontwaterd kan dit percentage oplopen tot ruim 90%. De verwachting is dat deze situatie niet geldt voor het deelgebied c als geheel. Wel kan deze situatie zich plaatselijk voordoen (stroomruggen).

Deelgebied c verschilt nogal van de andere twee deelgebieden. Behalve bij de twee scenario's met de grotere drooglegging heeft kwel weinig invloed op het bodemprofiel. Gemiddeld over het jaar bestaat een neerwaarts transport van nutriënten naar het diepere grondwater. De milieukwaliteit van de bodem en die van het freatisch grondwater worden zodoende alleen bepaald door het neerslagoverschot en de eventuele bemesting.

Voor delen van deelgebied c waar stroomruggen liggen met een zandige kern is het mogelijk dat nitraat uitspoelt naar de diepere ondergrond. In de grote overzadigde zone van deze hoge ruggen worden de organische meststoffen gemineraliseerd tot nitraat. Bij gebrek aan organische stof in de ondergrond wordt dit nitraat niet of weinig gedenitrificeerd en spoelt uit. Bij scenario's met een uitgesproken wegzijgings-situatie kan het uitspoelende nitraat een bedreiging vormen van de drinkwaterwinning. Dit verschijnsel kan lokaal optreden. Het overgrote deel van het deelgebied heeft veen in de ondergrond.

Het fosforbindend vermogen in het oosten van de AV waar deelgebied c is gelegen, is hoog in vergelijking met de rest van de AV door het grote oppervlak aan kleigronden. Aan het bodemcomplex van kleigronden wordt meer fosfor gebonden dan aan het bodemcomplex van veengronden. Mogelijk is de fosforconcentratie in het freatisch grondwater in deelgebied c hierdoor lager dan de berekende waarden. De berekende waarden zijn immers gebaseerd op relaties die zijn afgeleid van modelresultaten in veengebieden.

## 7 Conclusies

De conclusies worden onderscheiden naar de bodem, het freatisch grondwater en het oppervlaktewater. De Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) zijn onderverdeeld in de drie waterstaatkundige afdelingen de Nederwaard en de Overwaard, beide in de Alblasserwaard, en de Vijfheerenlanden.

Voor het freatisch grondwater en het oppervlaktewater zijn de conclusies gedeeltelijk onderscheiden naar drie nader bestudeerde deelgebieden: deelgebied a, b en c. Deelgebied a ligt in het westelijke deel van de Alblasserwaard, deelgebied b ligt in het oostelijke deel van de Alblasserwaard en deelgebied c ligt in de Vijfheerenlanden. Voor de deelgebieden a en c gold ten tijde van dit onderzoek dat er een zekere wens van de provincie lag om hier bestemmingen met (meer) natuur- en landschapswaarden te realiseren. Inmiddels worden de wenselijkheid en mogelijkheden van het realiseren van dergelijke waarden in overleg met de streek beoordeeld en is planologische aanwijzing in dat kader komen te vervallen. Dit heeft uiteraard geen gevolgen voor de theoretische resultaten van de onderzochte maatregelen. Of in de toekomst al dan niet voor bepaalde uitvoeringsmaatregelen wordt gekozen zal afhangen van te maken afspraken over doelstellingen met afgevaardigden uit de streek.

### 7.1 Bodem

De vermistingsbronnen van de bodem in de AV zijn: de aanvoer van kunstmest, dierlijke mest en de atmosferische depositie op het land. Het bemestingsoverschot voor stikstof (in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) is in de Nederwaard het laagst en in de Vijfheerenlanden het hoogst. Voor fosfor bestaan tussen de drie waterstaatkundige afdelingen in de AV geen grote verschillen met betrekking tot het bemestingsoverschot.

De aanvoer van mest is de belangrijkste vermistingsbron van het ondiepe deel van de bodem, de wortelzone. De invloed van deze bron op de vermisting van de bodem kan worden verminderd met de maatregelen 'terugdringen van het bemestingsoverschot', door bijvoorbeeld te streven naar een evenwichtsbemesting, en verschralen van de bodem door meer nutriënten met het gewas af te voeren dan met de mest wordt aangevoerd (negatief bemestingsoverschot). Afplaggen van de bodem versnelt het effect van het terugdringen van het bemestingsoverschot.

Lagere stikstof- en fosforgehalten in de bodem door het terugdringen van het bemestingsoverschot worden pas zichtbaar na verloop van jaren. Voor stikstof worden effecten zichtbaar na tientallen jaren; voor fosfor na vele tientallen tot honderden jaren.

Voor het kwantificeren van de effecten van maatregelen op de stikstof- en fosforgehalten in de bodem is het gebruik van modellen noodzakelijk. Binnen dit onderzoek maakte het gebruik van modellen geen onderdeel uit van de opdracht.

## 7.2 Freatisch grondwater

De vermistingsbronnen van het freatisch grondwater zijn: het bemestingsoverschot, de achtergrondbelasting en de kwelvrachten. Het bemestingsoverschot, gedefinieerd als de mestaanvoer minus de gewasafvoer, en de achtergrondbelasting zijn de belangrijkste bronnen. De bijdrage van het bemestingsoverschot aan de vermisting van het freatisch grondwater kan worden verminderd door de maatregelen 'terugdringen van het bemestingsoverschot' en 'vergroten van de drooglegging'.

Evenals voor de bodem geldt voor het freatisch grondwater dat de verlaging van de stikstof- en fosforconcentratie door een verminderde bemesting pas zichtbaar wordt na een relatief lange periode van tientallen tot honderden jaren. De effecten kunnen worden versneld door de maatregelen 'verschralen' en 'afplaggen'.

De toegepaste methodiek om concentraties in het freatisch grondwater te berekenen in de drie nader te bestuderen deelgebieden is eenvoudig en globaal. De methodiek geeft ruwe schattingen van het jaargemiddelde van de concentraties, die behept zijn met grote onzekerheden. Bij het vergelijken van de berekende concentraties in het freatisch grondwater met de streefwaarden hebben alleen zeer duidelijke tendensen waarde.

In de drie deelgebieden zijn de jaargemiddelde ammonium-, nitraat- en fosforconcentratie in het freatisch grondwater voor alle beschouwde scenario's c.q. maatregelen waarschijnlijk lager dan de streefwaarden van 10,0 mg.l<sup>-1</sup> ammonium-N, 5,6 mg.l<sup>-1</sup> nitraat-N en 3,0 mg.l<sup>-1</sup> totaal-P. Uitzondering hierop vormt de ammoniumconcentratie in deelgebied a. Deze concentratie is in de scenario's 'huidige situatie' en 'autonome ontwikkeling' mogelijk hoger dan de streefwaarde.

Lokaal, op de zandige stroomruggen, in de Vijfheerenlanden kunnen de nitraatconcentraties in het freatisch grondwater relatief hoog zijn. Dit kan een bedreiging vormen voor het diepere grondwater.

## 7.3 Oppervlaktewater

De vermistingsbronnen van het oppervlaktewater zijn:

- uit- en afspoeling van nutriënten vanuit en vanaf de bodem;
- inlaat van rivier- of boezemwater;
- ongezuiverde lozingen en effluent van awzi's en bedrijven;
- atmosferische depositie op het oppervlaktewater.

In de huidige situatie is de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit en vanaf de bodem over het jaar gezien veruit de belangrijkste vermistingsbron van het oppervlaktewater. Deze vermistingsbron kan worden onderverdeeld in de deelbronnen bemestingsoverschot, achtergrondbelasting en kwel.

De bijdrage van het bemestingsoverschot en de bijdrage van de achtergrondbelasting aan de vermesting van het oppervlaktewater neemt voor stikstof en fosfor in de huidige situatie enigszins af van het westen naar het oosten van de AV.

De stikstofvracht aangevoerd met kwel is in de huidige situatie in de Nederwaard belangrijk groter dan in de Overwaard en de Vijfheerenlanden. De fosforvracht aangevoerd met kwelwater is in de Vijfheerenlanden duidelijk lager dan in beide andere afdelingen.

Het effect van kroosverwijderen op de zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater in de AV is voor stikstof naar verwachting gering tot nihil en voor fosfor (licht) positief, dat wil zeggen verlagend.

Baggeren heeft in de AV naar verwachting geen effect op de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Het effect op de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie is positief.

Het berekenen van de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater voor verschillende maatregelen in de drie deelgebieden is gebaseerd op onnauwkeurige en onvolledige gegevens, onzekere aannamen en geëxtrapolerde modelresultaten uit onderzoeken in tot op zekere hoogte vergelijkbare veenweidegebieden. Bij het vergelijken van de berekende concentraties met de AMK- en BMK-normen voor het oppervlaktewater hebben alleen zeer duidelijke tendensen waarde.

Voor het verkrijgen van een beter inzicht in de mogelijkheid om met verschillende maatregelen of combinaties van maatregelen de normen voor de oppervlaktewaterkwaliteit te bereiken, zijn modelberekeningen nodig.

#### ***Deelgebied a***

In een onbemeste situatie geeft een kleinere drooglegging in deelgebied a een lagere zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Voor fosfor geldt dit in mindere mate. In een bemeste situatie geeft vergroting van de drooglegging ten opzichte van de huidige situatie op de lange termijn waarschijnlijk een hogere zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Voor de fosforconcentratie is dit onduidelijk.

Het verminderen van de bemesting heeft op de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater op de lange termijn een verlagend effect. Dit effect is kleiner naarmate de drooglegging groter wordt. Voor fosfor geldt hetzelfde effect, maar minder uitgesproken.

Het inlaten van of doorspoelen met rivier- of boezemwater lijkt voor de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater verlagend te werken. Voor stikstof is het effect hiervan onzeker.

In deelgebied a kan naar verwachting de grootste verlaging van de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater worden bereikt door een

kleine drooglegging te combineren met het beëindigen van de bemesting. Voor fosfor is hiermee waarschijnlijk een gering effect te bereiken.

Voor fosfor kan het verlagende effect van deze beide maatregelen naar verwachting worden versterkt door combinatie met de maatregelen 'kroosverwijderen' en 'baggeren', en wellicht 'doorspoelen'. Voor stikstof geldt dit waarschijnlijk niet.

Het is onduidelijk of met de meest gunstige combinatie van maatregelen de AMK-norm voor de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater ( $2,2 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-N) wordt gehaald.

De BMK-norm voor de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater ( $0,30 \text{ mg.l}^{-1}$  totaal-P) wordt waarschijnlijk niet gehaald met het verkleinen van de drooglegging en het beëindigen van de bemesting. Wellicht wordt de BMK-norm bereikt bij het combineren met de maatregelen 'kroosverwijderen', 'baggeren' en 'doorspoelen'.

### ***Deelgebied b***

Het vergroten van de drooglegging verlaagt naar verwachting in deelgebied b de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Voor fosfor betekent vergroten van de drooglegging waarschijnlijk een verhoging van de concentratie in het oppervlaktewater.

Het verminderen van de bemesting heeft op de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater op de lange termijn een verlagend effect. Bij een grote drooglegging is dit effect kleiner. Voor fosfor heeft het verminderen van de bemesting naar verwachting een geringer verlagend effect.

Het inlaten van of doorspoelen met rivier- of boezemwater lijkt voor de fosforconcentratie in het oppervlaktewater verlagend te werken. Voor stikstof is het effect van deze maatregel waarschijnlijk omgekeerd.

In deelgebied b kan naar verwachting de grootste verlaging van de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater worden verkregen door het vergroten van de drooglegging te combineren met het verminderen van de bemesting. Hierbij wordt aangenomen dat beëindigen van de bemesting in dit deelgebied nergens mogelijk is vanwege de agrarische functie.

De grootste verlaging van de fosforconcentratie kan waarschijnlijk worden bereikt door de drooglegging zo klein mogelijk te houden en de bemesting te verminderen, en deze maatregelen te combineren met de maatregelen 'kroosverwijderen', 'baggeren' en 'doorspoelen'.

De zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater ligt waarschijnlijk voor alle doorgerekende scenario's inclusief de huidige situatie onder de AMK-norm. De BMK-norm voor de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater wordt waarschijnlijk niet gehaald met de meest gunstige combinatie van maatregelen.

### ***Deelgebied c***

Het vergroten van de drooglegging in deelgebied c verlaagt naar verwachting de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Voor fosfor geldt waarschijnlijk het omgekeerde.

Het verminderen van de bemesting heeft op de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater op de lange termijn een verlagend effect. Bij een grote drooglegging is dit effect kleiner. Voor fosfor geldt hetzelfde effect, maar minder uitgesproken.

Het inlaten van en het doorspoelen met rivier- of boezemwater is waarschijnlijk ongunstig voor de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater. Voor fosfor is het niet duidelijk welke effect deze maatregel heeft.

In deelgebied c kan naar verwachting de grootste verlaging van de zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater worden bereikt door een grote drooglegging te combineren met het beëindigen van de bemesting.

De grootste verlaging van de fosforconcentratie kan waarschijnlijk worden bereikt door de drooglegging zo klein mogelijk te houden en de bemesting te beëindigen, en deze maatregelen te combineren met de maatregelen 'kroosverwijderen' en 'baggeren'.

De zomerhalfjaargemiddelde stikstofconcentraties in het oppervlaktewater liggen voor alle scenario's inclusief de huidige situatie waarschijnlijk onder de AMK-norm.

Het is onzeker of de zomerhalfjaargemiddelde fosforconcentratie in het oppervlaktewater voor de verschillende doorgerekende situaties onder of boven de BMK-norm voor oppervlaktewater ligt. Het is mogelijk dat de BMK-norm wordt bereikt bij combineren van de maatregelen 'verkleinen drooglegging', 'beëindigen bemesting', 'kroosverwijderen' en 'baggeren'.

## Literatuur

Aelmans F.G. 1976. *Grondwaterkaart van Nederland. Inventarisatierapport 38 Oost (Gorinchem)*. Dienst Grondwaterverkenning TNO. Delft.

Boswinkel J.A. 1979. *Grondwaterkaart van Nederland. Inventarisatierapport 38 West (Gorinchem)*. Dienst Grondwaterverkenning TNO. Delft.

Coördinatie-Commissie voor Metingen in het Milieu (CCRX). 1994. *Metingen in het milieu in Nederland 1992*. RIVM. Bilthoven.

Geologische kaart. 1966. *Geologische kaart van Nederland. Gorinchem (Gorkum). 38 Oost*. Rijks Geologische Dienst.

Geologische kaart. 1980. *Geologische kaart van Nederland. Gorinchem West. 38 West*. Rijks Geologische Dienst.

Grontmij. 1993a. *Voorbereiding peilbesluiten Vijfheerenlanden, fase 2. Toelichting ontwerp peilbesluiten*.

Grontmij. 1993b. *Geohydrologisch onderzoek peilbesluit Vijfheerenlanden*.

Harbers P. 1981. *Bodemkaart van Nederland 1:50.000. Toelichting bij kaartblad 38 Oost Gorinchem*. Stiboka. Wageningen.

Hendriks R.F.A. 1991. *Afbraak en mineralisatie van veen. Literatuuronderzoek. Rapport 199*. DLO-Staring Centrum. Wageningen.

Hendriks R.F.A. 1993. *Nutriëntenbelasting van oppervlaktewater in veenweidegebieden*. Rapport 251. DLO-Staring Centrum. Wageningen.

Hendriks R.F.A., J.W.H. Van de Kolk en H.P. Oosterom. 1994. *Effecten van beheersmaatregelen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van het peilgebied Bergambacht. Een modelstudie*. DLO-Staring Centrum. Wageningen.

Jansen E.J. 1988. *Invloed van de landbouw op de kwaliteit van oppervlaktewater. Hoofdrapport. Rapport 30/1*. ICW. Wageningen.

Koot. 1980. *Behandeling van afvalwater*. TU Delft.

Kroes J.G., C.W.J. Roest en L.J. Locht. 1990. *De invloed van enige bemestings-scenario's op de afvoer van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater in Nederland. Rapport 55*. DLO-Staring Centrum. Wageningen.

Markus W.C. 1984. *Bodemkaart van Nederland 1:50.000. Toelichting bij kaartblad 38 West Gorinchem*. Stiboka. Wageningen.



- Ministerie van VROM. 1990a. *Leidraad bodembescherming*.
- Ministerie van VROM. 1990b. *Notitie milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en grondwater*. Kamerstuk 1990, 21990 nr. 1 en 2 + addendum.
- Nienhuis P.R. en C.J. Hemker. 1988. *Een geohydrologisch onderzoek naar de mogelijkheden van oevergrondwaterwinningen langs de zuidelijke Lek-oever in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden*.
- NV Drinkwaterleiding De Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden en Provincie Zuid-Holland Dienst Water en Milieu. 1989. *Milieu-effectrapport Grondwaterwinning Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. Fase I. Hoofdrapport*.
- Oosterberg W., J.Th.F. Heijs, J.H. Boeijen en W.N.M. van Acht. 1989. *Resultaten van eutrofiëringsonderzoek in de Graafstroom in de Alblasserwaard. Eindrapportage*.
- Provincie Noord-Holland, Provincie Zuid-Holland en Werkgroep Hydrobiologie Holland. 1992. *Ecologisch beoordelingssysteem voor zoete, kleine wateren in Noord- en Zuid-Holland*.
- Provincie Zuid-Holland. 1991. *'Levend door water'. Waterhuishoudingsplan Zuid-Holland 1991-1995. Gewijzigd ontwerp*.
- Provincie Zuid-Holland. 1993a. *Ontwerp Intentieprogramma Bodembeschermingsgebieden Zuid-Holland*.
- Provincie Zuid-Holland. 1993b. *Kentallen chemische kwaliteit bodem en freatisch water. De toestand in de landelijke gebieden van Zuid-Holland rond 1989 en verwachte ontwikkelingen*.
- Provincie Zuid-Holland. 1994a. *Ontwerp Streekplan Zuid-Holland Oost*.
- Provincie Zuid-Holland. 1994b. *Beschikking Grondwaterwet. Nieuwe grondwaterwinning nabij Langerak voor 5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar ten behoeve van de N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland Oost*.
- Provincie Zuid-Holland. 1994c. *Beschikking Grondwaterwet. Uitbreiding diepe grondwaterwinning te Lexmond met 4 miljoen m<sup>3</sup> per jaar ten behoeve van de N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland Oost*.
- Provincie Zuid-Holland. 1994d. *De bemestingstoestand van landbouwgronden. Kengetallen voor de bodemkwaliteit in 1989 en 1992*. Technische notitie Bureau Bodembescherming.
- RIVM. 1992. *Milieudiagnose 1991. III, Bodem- en grondwaterkwaliteit*. Bilthoven, RIVM, Laboratorium voor Bodem- en Grondwaterkwaliteit.

Ruiter J.C. 1988. *Hydrologische systemen van Zuid-Holland*. Dienst Grondwaterverkenningen TNO. Rapportnr.: OS 88-18.

Schothorst C.J. 1982. Drainage and behaviour of peat soils. In: H. De Bakker and M.W. Van den Berg (eds) *Proc. of the Symposium on peat lands below sea level*. ILRI-Publ. 30: 130-16 Reports 3 ICW, Wageningen.

Schoumans O.F., R.W. De Waal en A. Breeuwsma. 1988. *Risicogebieden voor fosfaatuitspoeling in Zuid-Holland. Bodemchemisch onderzoek naar de invloed van fosfaatbemesting en -binding in landbouwgebieden*. Rapport nr. 1978. Stiboka.

Tauw. 1993a. *Meerjarenplan Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden*.

Tauw. 1993b. *Integraal Waterbeheersplan Zuid-Holland Zuid. Ontwerp*.

Technische Commissie Bodembescherming. 1990. *Parameters ten behoeve van het protocol fosfaatvezadigde gronden*. Advies aan de Minister van VROM.

Timmer H., C.J. Hemker en M.W. Kortleve. 1992a. *Deelrapport 1: Geohydrologisch onderzoek. Vergunningonderbouwend onderzoek Lexmond uitbreiding tot 12 miljoen m<sup>3</sup>.j.* N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland Oost.

Timmerman P.H.A. en J.F.M. Van Brussel. 1992b. *Deelrapport 2c: Geohydrologisch onderzoek. Effectvoorspellingen. Oevergrondwaterwinning Langerak*. N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland Oost.

Topografische kaart. 1991. *Topografische kaart van Nederland 1:50.000. Blad 38 West Gorinchem*. Topografische Dienst Nederland. Emmen.

Topografische kaart. 1992. *Topografische kaart van Nederland 1:50.000. Blad 38 Oost Gorinchem*. Topografische Dienst Nederland. Emmen.

Twisk W., A.J. Van Strien en W.J. Ter Keurs. 1991. Emissies naar het oppervlaktewater door meemesten van sloten. *H2O* 24 (1).

Verbraeck A. 1970. *Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Gorinchem oost*. Rijks Geologische Dienst. Haarlem.

Wind G.P. 1986. Slootpeilverlaging en grondwaterstandsval in veenweidegebieden. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 25 (5).

Wösten J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving. 1987. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks*. Rapport 1932. Stiboka. Wageningen.

Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden. 1992. *Meerjarenplan 1993-1997 met toelichting 1993*

## **Niet-gepubliceerde bronnen**

Bruin, P.A.C. De. 1988. *Waterkwantiteitsbeheersplan*. Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Gorinchem.

ICW. 1987. *Wateraanvoerbehoefte Zuidhollandse Eilanden en Waarden. Peilbeheersing en bestrijding van de verzilting*. ICW-nota 1801. Wageningen.

LEI-DLO. 1993. *Mineralenbalansen in Zuid-Holland; stikstof-, fosfaat- en kalibalansen van de bodem voor 1989 en 1992. Tweede versie*. LEI-DLO, Afdeling Landbouw. Den Haag.

Meetnet. 1993. *Meetnet oppervlaktewaterkwaliteit 1993: Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden*. Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden.

Provincie Zuid-Holland. 1989. *Provinciaal grondwaterkwaliteitsmeetnet. Rapportage van de inrichting*.

Provincie Zuid-Holland. 1992. *Relatienota en natuurontwikkeling in Zuid-Holland*.

Rijtema P.E. 1976. *Emissie van fosfaat en stikstof uit landbouwgronden*. ICW Nota 929. Wageningen.

Rijtema P.E. en C.G. Toussaint. 1983. *Een globale raming van de fosfaatbelasting uit het landelijk gebied*. ICW Nota 1322. Wageningen.

# Aanhangsel 1 Stratigrafisch overzicht (naar: Markus, 1984)

Tijdsindeling	Lithostratigrafie			Nadere omschrijving
	perimarien	marien	organisch	
HOLOCEN	1000	Afzettingen van Tiel III	Afzettingen van Duinkerke III? (Hollandse IJssel)	recente afzettingen (na de St. Elizabethsvloed) in Alblasserwaard en IJsselmonde
	Sub-atlanticum			
	0	Afz. van Tiel I	Afz. van Duinkerke I?	kreekrugstelsel bij Alblasserdam en Papendrecht
	-1000			Hollandveen
	Subboreaal			broekveen, rietzeggeveen, bosveen
	-2000	Afzettingen van Gorkum IV		Schoonrewoerdse rug
	-3000		Afzettingen van Calais III	veenvorming onder-
	-4000	oudere Afzettingen van Gorkum	oudere Afzettingen van Calais	broken door mariene en perimariene
	Atlanticum			veen afgewisseld met slappe kleilagen en zandige geulen (veenstroomruggen)
	-5000			afzettingen
-6000				
Boreaal				
-7000				
Praeboreaal				
-8000				veenvorming plaatselijk op rivierzand en op de leemlaag van de Formatie van Kreftenheye
PLEISTOCEN		donken		
		Formatie van Kreftenheye	Formatie van Twente	

## Aanhangsel 2 De relaties van Schothorst

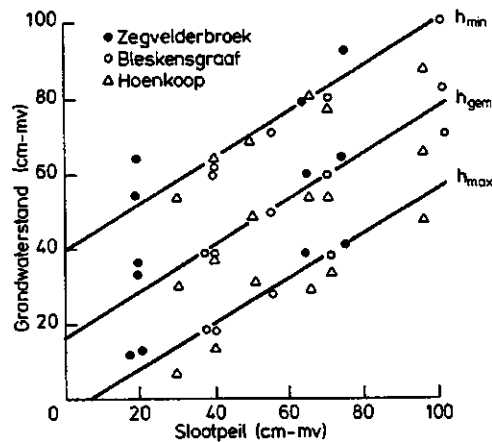


Fig. 2.1 Verband tussen grondwaterstandsdiepte en slootpeil (drooglegging) op drie proefvelden in het westelijke veenweidegebied, naar gegevens van Schothorst (1982) (Wind, 1986)

De relaties van Schothorst geven een verband tussen de grondwaterstandsdiepte en de drooglegging (figuur 2.1), voor het zomerhalfjaar, het winterhalfjaar en het gehele jaar. Ze zijn afgeleid van gegevens van drie grote ontwateringsproefvelden in het westelijk veenweidegebied: Zegvelderbroek, Hoenkoop en Bleskensgraaf. Deze gegevens betreffen een twaalfstal waarnemingen per jaar over een periode van 5 jaar. De slootafstand op de drie proefvelden bedroeg ca. 50 m.

De relaties van Schothorst luiden:

$$h_{\min} = \text{gem. zomergrondwaterstandsdiepte} = 0,6 \times \text{drooglegging (zomer)} + 0,4 \text{ (m - mv);}$$

$$h_{\max} = \text{gem. wintergrondwaterstandsdiepte} = 0,6 \times \text{drooglegging (winter)} - 0,04 \text{ (m - mv);}$$

$$h_{\text{gem}} = \text{gem. jaargrondwaterstandsdiepte} = 0,6 \times \text{drooglegging (jaar)} + 0,17 \text{ (m - mv).}$$

Uit deze relaties volgt dat bij een vergroting van de drooglegging de daling van de grondwaterstandsdiepte slechts 60% bedraagt van deze vergroting. Hiervoor is een aantal mogelijke oorzaken aan te wijzen (Wind, 1986):

- bij diepere ontwatering (grotere drooglegging) treedt meer kwel of minder wegzijging op. Daardoor is er een grotere grondwaterafvoer naar de sloten, die een grotere opbolling nodig maakt;
- in de meeste veenweidegebieden is de maximaal mogelijke grondwaterafvoer naar de sloten gering. Een groot deel van het neerslagoverschot stroomt oppervlakkig of via ondiepe greppels af naar de sloot. Bij diepere ontwatering wordt de

- mogelijkheid van grondwaterafvoer vergroot. De oppervlakkige afvoer neemt dan af. De vergrote ondergrondse afvoer heeft een grotere opbolling dan voorheen nodig was;
- indien de doorlaatfactoren dalen met de diepte onder maaiveld is op een lager niveau van het grondwater een grotere opbolling nodig om het neerslagoverschot af te voeren;
  - bij diepere ontwatering heersen in de wortelzone wat drogere omstandigheden, waardoor de verdamping enigszins sterker zal worden gereduceerd. Dit leidt tot een groter neerslagoverschot, waarvoor een grotere opbolling nodig is;
  - doordat bij diepere grondwaterstanden de onverzadigde zone dikker is dan bij ondiepe kan het gewas meer water onttrekken aan de bodem. Er hoeft dan minder te worden onttrokken aan het grondwater. Daardoor zullen de zomergrondwaterstanden minder ver onder het slootpeil dalen.

**Aanhangsel 3 Gemiddelde grondwaterstandsdiepten, droogleggingen en peilen (De Bruin, 1988; Tauw, 1993a) in de zomer en de winter in de peilgebieden van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden**

Peilgebieden	Maaiveld (m + NAP)	Polderpeil (m + NAP)		Drooglegging (m - mv)		Grondwaterstandsdiepte (m - mv)		Grondwaterstandsdiepte (m + NAP)	
		zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter
<b>Nederwaard</b>									
12	-1,25	-1,95	-2,10	0,70	0,85	0,82	0,47	-2,07	-1,72
14	-1,50	-0,80	0,50						
17	-1,50	-0,70	0,90						
11a	-1,50	-2,00	-2,10	0,50	0,60	0,70	0,32	-2,2	-1,82
11b	-1,70	-2,10	-2,30	0,40	0,60	0,64	0,32	-2,34	-2,02
11c	-1,40	-1,90	-2,05	0,50	0,65	0,70	0,35	-2,1	-1,75
9a	-1,10	-1,56	-1,90	0,46	0,80	0,68	0,44	-1,77	-1,54
9b	-1,75	-2,05	-2,25	0,30	0,50	0,58	0,26	-2,33	-2,01
9c1	-1,70	-2,05	-2,25	0,35	0,55	0,61	0,29	-2,31	-1,99
9c2	-1,65	-1,85	-1,95	0,20	0,30	0,52	0,14	-2,17	-1,79
7c	-1,60	-2,00	-2,10	0,40	0,50	0,64	0,26	-2,24	-1,86
7b	-1,45	-1,80	-1,90	0,35	0,45	0,61	0,23	-2,06	-1,68
7a	-1,55	-1,90	-2,10	0,35	0,55	0,61	0,29	-2,16	-1,84
6	-1,65	-2,00	-2,10	0,35	0,45	0,61	0,23	-2,26	-1,88
8a	-1,65	-2,10	-2,30	0,45	0,65	0,67	0,35	-2,32	-2
8b	-1,65	-2,00	-2,20	0,35	0,55	0,61	0,29	-2,26	-1,94
2	-1,20	-1,40	-1,40	0,20	0,20	0,52	0,08	-1,72	-1,28
13b	-1,25	-1,90	-1,90	0,65	0,65	0,79	0,35	-2,04	-1,6
13a	-1,25	-1,65	-1,75	0,40	0,50	0,64	0,26	-1,89	-1,51
2b	-1,45	-1,90	-2,10	0,45	0,65	0,67	0,35	-2,12	-1,8
2a	-1,55	-1,90	-2,10	0,35	0,55	0,61	0,29	-2,16	-1,84
1	-1,10	-1,60	-1,80	0,50	0,70	0,70	0,38	-1,8	-1,48
4a	-1,35	-1,70	-1,80	0,35	0,45	0,61	0,23	-1,96	-1,58
5	-1,50	-1,90	-2,10	0,40	0,60	0,64	0,32	-2,14	-1,82
4d2	-1,40	-1,60	-1,80	0,20	0,40	0,52	0,20	-1,92	-1,6
4d1	-1,15	-1,60	-1,80	0,45	0,65	0,67	0,35	-1,82	-1,5

Peilgebieden	Maaiveld (m + NAP)	Polderpeil (m + NAP)		Drooglegging (m - mv)		Grondwaterstandsdiepte (m - mv)		Grondwaterstandsdiepte (m + NAP)	
		zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter
4c	-1,25	-1,70	-1,80	0,45	0,55	0,67	0,29	-1,92	-1,54
4b	-1,25	-1,70	-1,85	0,45	0,60	0,67	0,32	-1,92	-1,57
3	-1,45	-1,90	-2,05	0,45	0,60	0,67	0,32	-2,12	-1,77
Overwaard									
14a	-0,90	-1,50	-1,60	0,60	0,70	0,76	0,38	-1,66	-1,28
14b	-1,10	-1,60	-1,70	0,50	0,60	0,70	0,32	-1,8	-1,42
6	-1,10	-1,60	-1,75	0,50	0,65	0,70	0,35	-1,8	-1,45
7b	-1,00	-1,40	-1,60	0,40	0,60	0,64	0,32	-1,64	-1,32
8b	-1,00	-1,40	-1,50	0,40	0,50	0,64	0,26	-1,64	-1,26
8a	-1,25	-1,75	-1,85	0,50	0,60	0,70	0,32	-1,95	-1,57
7a	-1,30	-1,70	-1,85	0,40	0,55	0,64	0,29	-1,94	-1,59
4a	-1,15	-1,65	-1,90	0,50	0,75	0,70	0,41	-1,85	-1,56
4b	-1,00	-1,55	-1,90	0,55	0,90	0,73	0,50	-1,73	-1,5
5	-0,80	-1,25	-1,35	0,45	0,55	0,67	0,29	-1,47	-1,09
15a	-0,80	-1,30	-1,50	0,50	0,70	0,70	0,38	-1,5	-1,18
15b	-0,90	-1,45	-1,60	0,55	0,70	0,73	0,38	-1,63	-1,28
10a	-1,20	-1,65	-1,80	0,45	0,60	0,67	0,32	-1,87	-1,52
10b	-1,10	-1,60	-1,75	0,50	0,65	0,70	0,35	-1,8	-1,45
9	-1,05	-1,65	-1,75	0,60	0,70	0,76	0,38	-1,81	-1,43
2b	-1,05	-1,50	-1,70	0,45	0,65	0,67	0,35	-1,72	-1,4
2a	-0,95	-1,40	-1,65	0,45	0,70	0,67	0,38	-1,62	-1,33
3	-0,10	-1,00	-1,30	0,90	1,20	0,94	0,68	-1,04	-0,78
2cI	-0,65	-1,10	-1,30	0,45	0,65	0,67	0,35	-1,32	-1
2cII	0,20	-1,10	-1,30	1,30	1,50	1,18	0,86	-0,98	-0,66
1	-1,00	-1,50	-1,70	0,50	0,70	0,70	0,38	-1,7	-1,38
13	-1,15	-1,60	-1,85	0,45	0,70	0,67	0,38	-1,82	-1,53
11	-1,15	-1,65	-1,80	0,50	0,65	0,70	0,35	-1,85	-1,5
12	-0,90	-1,25	-1,50	0,35	0,60	0,61	0,32	-1,51	-1,22
16b	-0,75	-1,35	-1,45	0,60	0,70	0,76	0,38	-1,51	-1,13
16aI	-0,40	-1,40	-1,55	1,00	1,15	1,00	0,65	-1,4	-1,05
16aII	-1,10	-1,40	-1,55	0,30	0,45	0,58	0,23	-1,68	-1,33



Peilgebieden	Maaiveld (m + NAP)	Polderpeil (m + NAP)		Drooglegging (m - mv)		Grondwaterstandsdiepte (m - mv)		Grondwaterstandsdiepte (m + NAP)	
		zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter
<b>Vijfheerenlanden</b>									
1a&b	0,15	-0,30	-0,35	0,45	0,50	0,67	0,26	-0,52	-0,11
2	0,00	-0,60	-0,80	0,60	0,80	0,76	0,44	-0,76	-0,44
3	-0,10	-0,50	-0,60	0,40	0,50	0,64	0,26	-0,74	-0,36
4b	0,30	-0,35	-0,45	0,65	0,75	0,79	0,41	-0,49	-0,11
4a	1,30	-0,35	-0,45	1,65	1,75	1,39	1,01	-0,09	0,29
6b	0,95	0,15	-0,05	0,80	1,00	0,88	0,56	0,07	0,39
6a	1,40	0,25	0,15	1,15	1,25	1,09	0,71	0,31	0,69
5	1,80	0,85	0,85	0,95	0,95	0,97	0,53	0,83	1,27
7	1,45	1,40	1,75	0,05	-0,30	0,43	-0,22	1,02	1,67
8a	1,25	0,40	0,25	0,85	1,00	0,91	0,56	0,34	0,69
11	0,85	0,05	-0,10	0,80	0,95	0,88	0,53	-0,03	0,32
12	0,80	0,05	-0,10	0,75	0,90	0,85	0,50	-0,05	0,3
13	0,60	0,00	-0,10	0,60	0,70	0,76	0,38	-0,16	0,22
8b	0,70	0,25	0,15	0,45	0,55	0,67	0,29	0,03	0,41
9	0,60	-0,15	-0,30	0,75	0,90	0,85	0,50	-0,25	0,1
10a	0,25	-0,30	-0,40	0,55	0,65	0,73	0,35	-0,48	-0,1
10b	0,10	-0,25	-0,35	0,35	0,45	0,61	0,23	-0,51	-0,13
14	0,20	-0,30	-0,40	0,50	0,60	0,70	0,32	-0,5	-0,12
18	0,30	-0,15	-0,30	0,45	0,60	0,67	0,32	-0,37	-0,02
16	0,20	-0,25	-0,35	0,45	0,55	0,67	0,29	-0,47	-0,09
15	-0,05	-0,60	-0,70	0,55	0,65	0,73	0,35	-0,78	-0,4
17	-0,25	-0,70	-0,80	0,45	0,55	0,67	0,29	-0,92	-0,54
22	0,20	-0,35	-0,45	0,55	0,65	0,73	0,35	-0,53	-0,15
19	0,30	-0,20	-0,12	0,50	0,42	0,70	0,21	-0,4	0,088
20	0,20	-0,25	-0,35	0,45	0,55	0,67	0,29	-0,47	-0,09
21a	0,15	-0,50	-0,50	0,65	0,65	0,79	0,35	-0,64	-0,2
21c	0,15	-0,35	-0,45	0,50	0,60	0,70	0,32	-0,55	-0,17
23	0,15	-0,35	-0,45	0,50	0,60	0,70	0,32	-0,55	-0,17
26a	0,00	-0,75	-0,85	0,75	0,85	0,85	0,47	-0,85	-0,47
24a	0,05	-0,55	-0,84	0,60	0,89	0,76	0,49	-0,71	-0,44

Peilgebieden	Maaiveld (m + NAP)	Polderpeil (m + NAP)		Drooglegging (m - mv)		Grondwaterstandsdiepte (m - mv)		Grondwaterstandsdiepte (m + NAP)	
		zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter
25	0,20	-0,35	-0,45	0,55	0,65	0,73	0,35	-0,53	-0,15
30a/b	0,15	-0,50	-0,65	0,65	0,80	0,79	0,44	-0,64	-0,29
26b	-0,40	-0,75	-0,85	0,35	0,45	0,61	0,23	-1,01	-0,63
28	0,25	-0,50	-0,70	0,75	0,95	0,85	0,53	-0,6	-0,28
29	0,25	-0,30	-0,40	0,55	0,65	0,73	0,35	-0,48	-0,1

**Aanhangsel 4 Gegevens peilbuizen en de grondwaterkwaliteitsgegevens van de peilbuizen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (bronnen: IGG-TNO, Provincie Zuid-Holland, RIVM)**

Gegevens peilbuizen waarin waterkwaliteit wordt gemeten

Peilbuis	Filter (m - mv)	Aantal waarnemingen	Gemeten componenten			
			ortho-P	totaal-P	NH4-N	DOC/TOC
IGG-TNO						
P0504	9,90-12,90	2	nee	ja	nee	nee
P0503	8,15-11,15	2	nee	ja	nee	nee
P0509	12,00-14,00	1	nee	ja	nee	nee
P0510	6,00-8,00	1	nee	ja	nee	nee
Provincie Zuid-Holland						
1212-01	3,50-4,50	1	ja	ja	ja	nee
1212-02	9,00-10,00	3	ged.*	ged.	ja	nee
1215-01	2,00-3,00	1	ja	ja	ja	nee
1215-02	8,00-9,00	3	ged.	ja	ja	nee
1242-01	1,90-2,90	1	ja	ja	ja	nee
1242-02	6,90-7,90	3	ged.	ja	ja	nee
RIVM						
66-01	14,20-16,20	10	ged.	ja	ja	ja
68-01	8,00-10,00	14	ged.	ja	ja	ja
68-02	12,10-14,10	1	nee	ja	ja	ja
70-01	11,05-13,05	6	ged.	ja	ja	ja
71-01	9,60-11,60	14	ged.	ja	ja	ja
72-01	14,00-16,00	14	ged.	ja	ja	ja
ZHEW (Donkse Laagten)	4,00	5	ja	ja	ja	nee

\* ged. = gedeeltelijk

## Grondwaterkwaliteitsgegevens

Peilbuis	Datum	Ortho-P (mg.l <sup>-1</sup> )	Totaal-P (mg.l <sup>-1</sup> )	NH4-N (mg.l <sup>-1</sup> )	DOC/TOC (mg.l <sup>-1</sup> )
IGG-TNO					
P0503	100478		1,1		
	140579		1,2		
P0504	130478		0,1		
	020579		0,8		
P0509	070678		1,2		
P0510	070678		0,38		
Provincie Zuid-Holland					
1212-01	1989	2,09	2,11	2,95	
1212-02	1989	2,35	2,29	3,74	
	1990	0	0,78	1,93	
	1991	0	0,78	2,01	
1215-01	1989	1,29	1,43	0,34	
1215-02	1989	1,29	1,43	2,04	
	1990	0	1,28	2,44	
	1991	0	1,61	2,76	
1242-01	1989	0,47	0,56	1,53	
1242-02	1989	0,41	0,46	1,55	
	1990	0	0,41	1,61	
	1991	0	0,4	1,51	
RIVM					
66-01	120282		0,22	0,54	5
	250583	0,01	0,43	0,79	2
	201083	0,05	0,49	0,92	1
	021084	0,02	0,46	0,8	2
	151085		0,06	0,07	3
	241086		<0,06	0,03	4,1
	281087		0,09	0,04	1,56
	190988		0,11	0,03	
	270489		<0,06	0,03	
	270891		0,35	0,56	2,16
68-01	180280		1,4	4,2	5

Peilbuis	Datum	Ortho-P (mg.l <sup>-1</sup> )	Totaal-P (mg.l <sup>-1</sup> )	NH4-N (mg.l <sup>-1</sup> )	DOC/TOC (mg.l <sup>-1</sup> )
	251180		0,74	4,2	6
	250182		0,34	3,5	5
	181183	0,01	2,3	41	4
	091084	<0,01	0,91	3,1	2,6
	211085		1,12	3,51	3
	031186		0,37	3,44	5,47
	271087		2,51	3,61	2,59
	210988		1,25	3,35	
	301289	0,69	1,18	3,44	
	121190		0,93	3,01	4,46
	140891		1,18	3,14	2,45
	170992			3,49	2,43
	040893		1,11		4,41
68-02	180280		1,1	1,6	4
70-01	210180		0,52	7,1	6
	241180		0,04	6,4	6
	190182		0,13	5,5	6
	201083	0,03	0,03	5,7	5
	051084	0,01	0,26	5	4,6
	231086		0,09	5,86	8,6
71-01	230180		0,64	9,2	3
	261180		0,56	9,6	4
	180182		0,69	8,7	3
	191083	0,13	0,43	10	21
	051084	0,09	0,4	12,2	2,2
	141085		0,53	12,5	4
	221086		0,37	12,4	5,47
	021187		0,65	14,4	2,78
	220988		0,7	14,99	
	301289	0,61	0,71	16,84	
	131190		0,46	18,71	2,98
	270891		0,65	18,62	2,78
	170992			18,3	3,24
	020893		0,68		2,77

Peilbuis	Datum	Ortho-P (mg.l <sup>-1</sup> )	Totaal-P (mg.l <sup>-1</sup> )	NH4-N (mg.l <sup>-1</sup> )	DOC/TOC (mg.l <sup>-1</sup> )
72-01	240180		0,9	31	9
	251180		<0,02	25	10
	250182		<0,1	27	10
	191083	0,03	0,33	30	13
	051084	0,01	0,61	30	8,1
	141085		0,74	35,3	9
	231086		<0,06	28,9	12,1
	281087		0,84	28,7	4,55
	210988		0,92	29,05	
	301289	0,5	0,81	28,08	
	121190		0,81	27,91	8,23
	280891		0,87	28,5	7,45
	160992			29,69	7,23
	030893			0,84	10,87
ZHEW (Donkse Laagten)	1991(5x)	2,7	3,2	34	

## **Aanhangsel 5 Nadere literatuurstudie grondwaterkwaliteit eerste watervoerend pakket in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden**

Om de orde van grootte van de ammonium-N- en totaal-P-concentraties in het grondwater van het eerste watervoerend pakket in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) (bijlagen 8 en 9) nog eens te controleren, is allereerst een vergelijking gemaakt met de grondwaterkwaliteitgegevens uit de literatuur.

In het rapport 'metingen in het milieu in Nederland 1992' (CCRX, 1994) worden voor verschillende fysisch-geografische gebieden gemiddelde ammonium-N- en totaal-P-concentraties gegeven voor het diepere zoete grondwater (5-15 m - mv). Zoet grondwater is grondwater met een chlorideconcentratie van minder dan 200 mg.l<sup>-1</sup>. Voor de fysisch-geografische eenheden zeelei/veen en rivierklei zijn de gemiddelde ammonium-N-concentratie 9,04 en 2,18 mg.l<sup>-1</sup>. Op een grove manier kan de AV worden ingedeeld in twee fysisch-geografische eenheden namelijk zeelei/veen (Alblasserwaard) en rivierklei (Vijfheerenlanden). Wanneer voor beide fysisch-geografische eenheden de ammonium-N-concentraties die volgen uit bijlage 8 worden vergeleken met waarden uit de literatuur blijkt dat de orde van grootte goed overeenkomt.

Deze vergelijking is ook uitgevoerd voor de totaal-P-concentratie. De gemiddelde totaal-P-concentraties voor de fysisch-geografische eenheden zeelei/veen en rivierklei zijn 1,01 en 0,59 mg.l<sup>-1</sup>. Uit bijlage 9 blijkt dat de totaal-P-concentratie in de AV grofweg tussen 0,5 en 3 mg.l<sup>-1</sup> ligt. De orde van grootte van de totaal-P-concentratie in bijlage 9 is iets hoger dan in het rapport van de CCRX (1994). Hierbij moet worden vermeld dat de cijfers uit het rapport van de CCRX gemiddelden zijn die gelden voor grotere gebieden. Afwijkingen van kleinere gebieden komen in deze gemiddelde waarden niet goed tot uitdrukking.

Omdat de gemeten ammonium-N- en totaal-P-concentraties summier zijn en in de literatuur alleen gemiddelde waarden bekend zijn die gelden voor grotere gebieden is voor de AV onderzocht of de hydrologische systemen in het gebied in overeenstemming zijn met de gemeten waarden.

In het rapport van de NV Drinkwaterleiding De Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden en Provincie Zuid-Holland, Dienst Water en Milieu (1989) worden voor het diepe grondwater verschillende watertypen onderscheiden. Het onderscheid is gericht op parameters die belangrijk zijn voor de zuivering van grondwater. Deze indeling is kwalitatief en is gebaseerd op het chloridegehalte. Omdat de indeling is gericht op de zuivering van grondwater is de indeling niet geheel geschikt voor een karakterisering van grondwater in typen die belangrijk zijn voor de vermessing.

Het diepere grondwater in de AV is op basis van het chloridegehalte in drie typen grondwater te onderscheiden. Het eerste grondwatertype wordt gekarakteriseerd door

een chloridegehalte van minder dan 30 mg.l<sup>-1</sup>. In de Vijfheerenlanden komt dit grondwatertype voor vanaf 10 tot meer dan 100 à 200 m - NAP. In de Alblasserwaard komt het ook reeds op geringe diepte voor, maar het strekt zich niet tot zulke grote diepte uit, slechts tot 100 à 200 meter - NAP. Dit watertype heeft zeer lage ionengehalten voor verschillende macro-parameters waaronder nitraat en ammonium (NV Drinkwaterleiding De AV en Provincie Zuid-Holland Dienst Water en Milieu, 1989). Absolute waarden voor nutriëntenconcentraties worden in het bovengenoemde rapport niet gegeven. Voor de fosforconcentraties ontbreken ook de kwalitatieve gegevens.

Het tweede grondwatertype heeft een chloridegehalte tussen 30 en 300 mg.l<sup>-1</sup>. Dit bestaat grotendeels uit ter plekke geïnfiltreerd oppervlaktewater en komt voor langs en onder de grote waterlopen (de rivieren de Lek, de Beneden-Merwede, de Noord). De ammonium-N-concentratie is iets hoger dan die van grondwatertype 1 (NV Drinkwaterleiding De AV en Provincie Zuid-Holland Dienst Water en Milieu, 1989). Uit de publikatie van Ruiter (1988) is af te leiden dat de eerste twee grondwatertypen samenhangen met de hydrologische riviersystemen: Rijn-, Waal- en Giessensysteem.

Het derde grondwatertype heeft een chloridegehalte van meer dan 300 mg.l<sup>-1</sup> (brak en zout grondwater). In de Alblasserwaard komt dit watertype al op geringere diepten voor dan in de Vijfheerenlanden; nabij Bleskensgraaf treft men reeds op een diepte van 10 m - NAP dit type grondwater aan (NV Drinkwaterleiding De AV en Provincie Zuid-Holland Dienst Water en Milieu, 1989). Dit betekent dat bij Bleskensgraaf dit watertype al op ongeveer 8,5 m - mv aanwezig is. Het brakke water komt in de Alblasserwaard ondiep voor in een zone die oostzuidoost-westnoordwest loopt langs Giessenburg, Bleskensgraaf en Kinderdijk (Nienhuis en Hemker, 1988). Deze zone met ondiep brak water hangt samen het hydrologisch Carboon systeem (volgt uit: Ruiter, 1988). Het grondwater behorend bij het Carboon systeem heeft waarschijnlijk een afwijkende waterkwaliteit ten opzichte van de riviersystemen. Gegevens over de waterkwaliteit van het Carboonsysteem zijn in de literatuur niet gevonden.

Afhankelijk van de kwaliteit waarmee het grondwater uit het Carboonsysteem wordt gekarakteriseerd, kan de ondiepe zone met brak water in het centrale deel van de Alblasserwaard een verklaring zijn voor de relatief hoge ammonium-N- en totaal-P-concentraties in het diepere grondwater.

Het onderscheid in verschillende watertypen en hydrologische systemen kan nuttig zijn maar omdat voor de vermessing belangrijke waterkwaliteitsgegevens ontbreken, geeft dit geen aanvullende informatie voor nutriëntenconcentraties in het kwelwater.

Verder blijkt uit de literatuur (RIVM, 1992) dat de aanwezigheid van mariene afzettingen, rijk aan organische stof, in de diepere ondergrond een belangrijke oorzaak zijn voor de relatief hoge stikstof- en fosforconcentraties in het kwelwater aan de onderkant van het afdekkend pakket.

Uit bovenstaande blijkt dat de nutriëntenconcentraties in het kwelwater een onzekere faktor zijn maar dat de orde van grootte van de nutriëntenconcentraties klopt.



**Aanhangsel 6 Stikstof en fosforhoeveelheden in dierlijke mest, kunstmest en het bemestingsoverschot (inclusief depositie) in 1989 en 1992 per gemeente voor grasland (naar: LEI-DLO, 1993)**

Stikstof

Gemeente	Stikstof (in kg.ha <sup>-1</sup> )					
	dierlijke mest		kunstmest		bemestingsoverschot	
	1989	1992	1989	1992	1989	1992
Alblasserdam	209	190	287	239	308	255
Graafstroom	256	267	190	143	258	236
Vianen	235	248	323	275	370	349
Giessenlanden	252	264	215	166	279	256
Gorichem	241	234	317	274	370	334
Liesveld	260	286	217	168	290	281
Hardinxveld-Giessendam	258	272	231	186	301	284
Leerdam	215	229	306	255	334	310
Zederik	237	255	259	208	308	289
Nieuw-Lekkerland	287	301	251	199	350	326
Papendrecht	209	198	297	256	318	279
Sliedrecht	206	219	204	153	222	198
Gemiddeld*	243	256	248	200	303	281

\* Gemiddelde over alle gemeenten is een naar oppervlaktegewogen gemiddelde

## Fosfor

Gemeente	Fosfor (in kg.ha <sup>-1</sup> )					
	dierlijke mest		kunstmest		bemestingsoverschot	
	1989	1992	1989	1992	1989	1992
Alblasserdam	36	32	14	11	16	12
Graafstroom	40	40	11	5	17	14
Vianen	39	39	10	6	16	13
Giessenlanden	40	40	10	4	16	13
Gorichem	38	35	12	7	17	11
Liesveld	42	43	10	5	18	17
Hardinxveld-Giessendam	40	40	10	5	17	14
Leerdam	36	36	13	7	15	11
Zederik	39	39	11	6	16	14
Nieuw-Lekkerland	45	45	10	4	21	17
Papendrecht	34	30	14	10	14	9
Sliedrecht	33	35	15	8	14	11
Gemiddeld*	39	39	11	6	16	13

\* Gemiddelde over alle gemeenten is een naar oppervlaktegewogen gemiddelde

**Aanhangsel 7 Overzicht ongezuiverde lozingen op polderwater in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden per 1-1-1993 (bron: Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden) en de bebouwing waarvoor uit het oogpunt van waterkwaliteit riolering urgent is per 1-1-1990 (Tauw, 1993b)**

Gemeente	Totaal-P (kg.j <sup>-1</sup> )*		Kjelhdal-N (kg.j <sup>-1</sup> )*		Aantal aan te sluiten...**	
	min. variant	max. variant	min. variant	max. variant	wonin- gen	bedrij- ven
Alblasserdam	152 (0,15)	304 (0,30)	304 (0,30)	506 (0,51)	20	9
Papendrecht	157 (0,14)	314 (0,29)	314 (0,29)	523 (0,48)	116 (116)	36 (36)
Sliedrecht	72 (0,06)	145 (0,11)	145 (0,11)	241 (0,19)	0	0
Hardinxveld- Giessendam	130 (0,07)	260 (0,13)	260 (0,13)	434 (0,22)	61 (61)	6 (6)
Gorinchem	240 (0,09)	480 (0,17)	480 (0,17)	799 (0,29)	69 (69)	4 (4)
Leerdam	91 (0,02)	181 (0,04)	181 (0,04)	302 (0,07)	19	18
Vianen	495 (0,12)	991 (0,24)	991 (0,24)	1651 (0,39)	103 (31)	33 (7)
Zederik	321 (0,04)	641 (0,09)	641 (0,09)	1069 (0,15)	37	19
Giessenlanden	367 (0,06)	733 (0,11)	733 (0,11)	1222 (0,19)	9	8
Graafstroom	156 (0,02)	311 (0,05)	311 (0,05)	519 (0,08)	4	8
Liesveld	934 (0,21)	1869 (0,42)	1869 (0,42)	3114 (0,69)	299	148
Nieuw- Lekkerland	91 (0,07)	181 (0,14)	181 (0,14)	302 (0,23)	0	0

\* de waarden tussen haakjes zijn in de kolommen 2 tot en met 5 gegeven in de eenheid kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>

\*\* getallen tussen haakjes betekenen in de laatste twee kolommen de woningen en bedrijven buiten het onderzoeksgebied

**Aanhangsel 8 Fysisch-chemische component van het beoordelingssysteem 'Ecologisch beoordelingssysteem voor zoete, kleine wateren in Noord- en Zuid-Holland (naar: provincie Noord-Holland et al., 1992)**

Fysisch-chemische klasse	Ptotj	Ptotz	NH4ja/NH4as
II/IIIA (uitstekend/ zeer goed)	≤ 0,13	≤ 0,15	≤ 1 of ≤ 1
IIIB (goed)		≤ 0,30	≤ 1 of ≤ 1
IVA (matig)		≤ 0,65	≤ 1 of ≤ 1
IVB (zeer matig)		≤ 2,5	≤ 1,5 of ≤ 1,5
V (slecht)			≤ 6,5 en ≤ 6,5
VI (zeer slecht)			> 6,5 of > 6,5

Ptotj = exponent van het jaargemiddelde van de logaritmen (mg.l<sup>-1</sup>)

Ptotz = exponent van het zomergemiddelde (mei-augustus) van de logaritmen (mg.l<sup>-1</sup>)

NH4ja = exponent van het gemiddelde van de logaritme juli-augustus (mg.l<sup>-1</sup>)

NH4as = exponent van het gemiddelde van de logaritme augustus-september (mg.l<sup>-1</sup>)

## **Aanhangsel 9 Lineaire regressie-relaties voor stikstof en fosfor tussen het bemestingsoverschot en de belasting van het oppervlaktewater onder invloed van bemesting**

De lineaire regressie-relaties tussen het bemestingsoverschot en de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater onder invloed van bemesting voor drie droogleggingen zijn per drooglegging gebaseerd op slechts twee punten, omdat in het onderzoek van Hendriks (1993) slechts twee bemestingsniveau's zijn doorgerekend. Dit waren de enige gegevens die beschikbaar waren (zie fig. 9.1 en 9.2 in dit aanhangsel). Om die reden is een lineaire relatie door de twee punten getrokken.

Voor stikstof is in onderhavig onderzoek de vraag belangrijk in hoeverre de relaties voldoen bij hogere bemestingsoverschotten dan het maximale bemestingsoverschot uit het onderzoek van Hendriks (1993). Voor stikstof is voor de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (AV) met N-overschotten van 220 tot 280 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> geëxtrapoleerd met de relaties. Voor fosfor geldt deze onzekerheid niet, omdat hiervoor is geïnterpoleerd met de relaties. Om deze onzekerheid voor stikstof af te tasten zijn de Bergambacht-berekeningen voor de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor het centrale veengebied geanalyseerd (Hendriks et al., 1994). Hieruit volgt een extra punt in de figuren 9.1a en b bij een bemestingsoverschot van ca. 220 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> N en een drooglegging van 0,45 m - mv. Deze beide punten sluiten goed aan op de lineaire relaties uit de gegevens van Hendriks (1993). Dit is een aanwijzing dat extrapolatie tot een bemestingsoverschot van ca. 220 kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> N is geoorloofd.

De nutriëntenbelasting door bemesting, en dan vooral voor stikstof is in een bepaald traject zeer gevoelig voor de drooglegging. De verklaring hiervoor is dat bij een grotere drooglegging onder zuurstofrijkere omstandigheden meer stikstofmeststoffen door mineralisatie en nitrificatie worden omgezet in nitraat, dat bij transport door de verzadigde zone van de organische-stof-rijke veenbodem grotendeels verdwijnt door denitrificatie. Bij fosfor worden bij een grotere drooglegging meer organische meststoffen gemineraliseerd tot ortho-P dat in grotere hoeveelheden kan worden vastgelegd aan het bodemcomplex van de grotere onverzadigde zone. Voor beide componenten geldt dat bij grotere drooglegging de oppervlakkige afspoeling en de ondiepe uitspoeling naar greppels en sloten afnemen (zie voor meer details, Hendriks, 1993).

In subparagraaf 3.2.3 is aangegeven dat een fout in de drooglegging van maximaal 0,10 m is te verwachten, waarbij een overschatting van de drooglegging het meest aannemelijk is. De implicaties van een fout in de drooglegging van plus of min 0,10 m op de berekende nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater door bemesting zijn voor de drie afdelingen weergegeven in tabel 9.1.

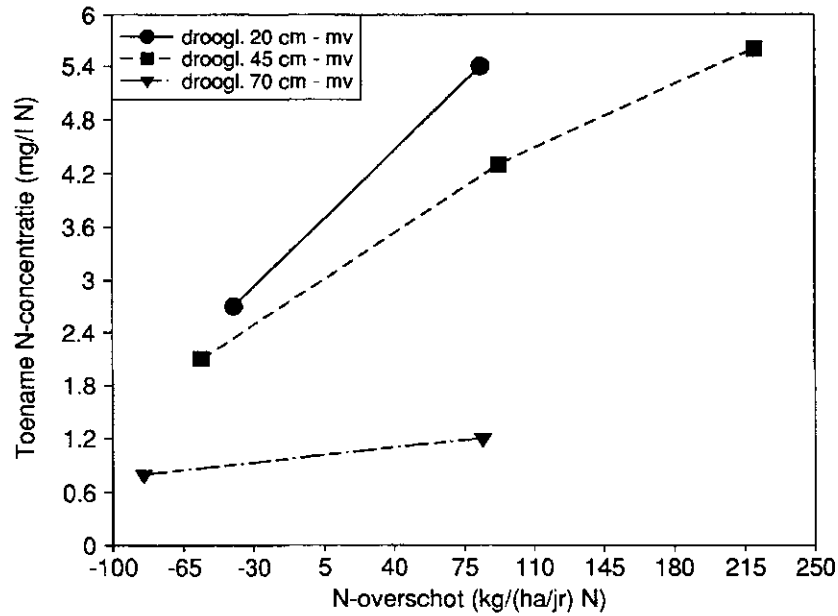


Fig. 9.1a Berekende stikstofbemestingsoverschot versus de berekende gemiddelde stikstofconcentratie in het uit- en afspoelende water naar het oppervlaktewater onder invloed van bemesting voor drie droogleggingen (naar: Hendriks, 1993 en Hendriks et al., 1994)

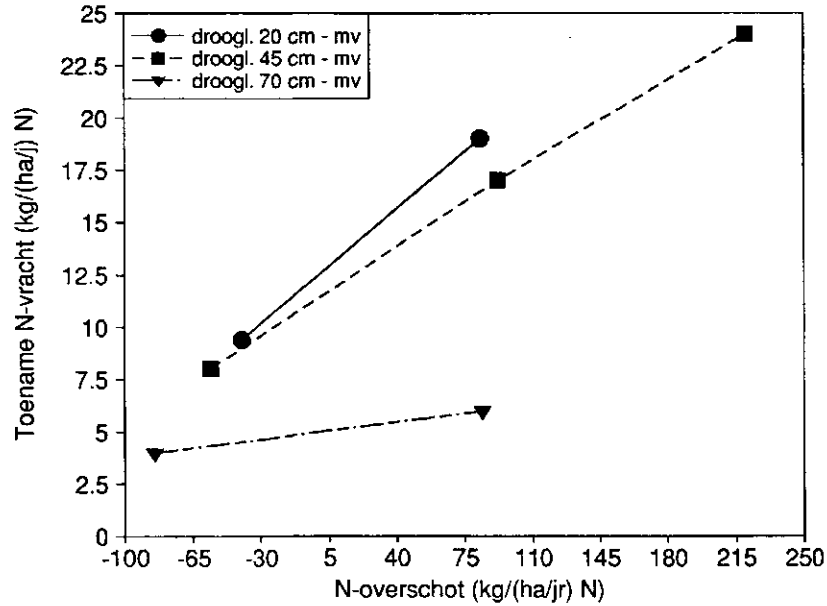


Fig. 9.1b Berekende stikstofbemestingsoverschot versus de berekende stikstofvracht naar het oppervlaktewater onder invloed van bemesting voor drie droogleggingen (naar: Hendriks, 1993 en Hendriks et al., 1994)

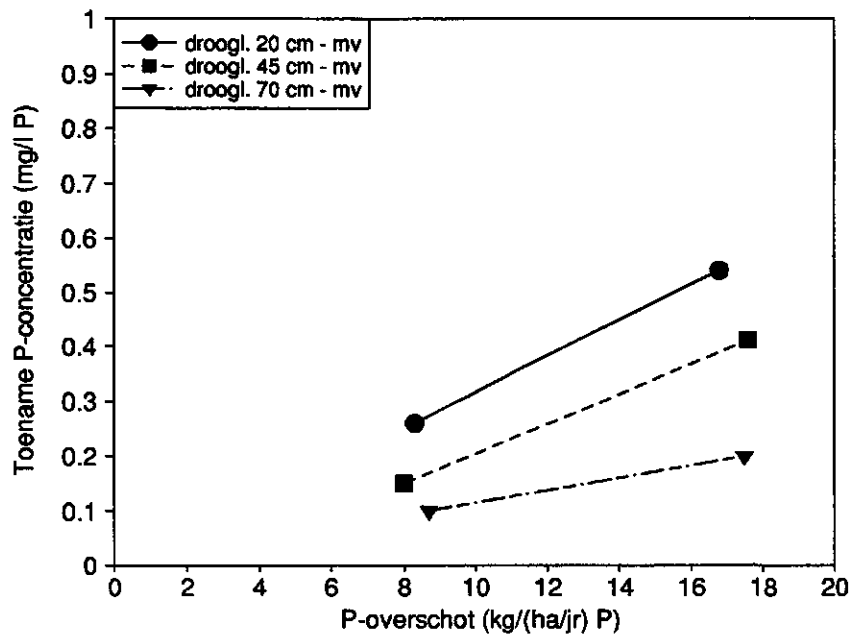
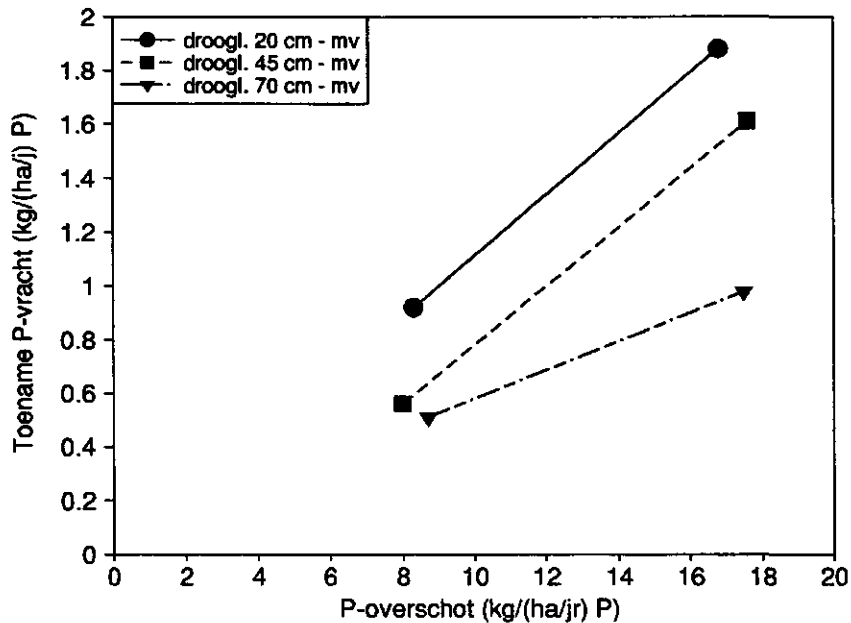


Fig. 9.2a Berekende fosforbemestingsoverschot versus de berekende gemiddelde fosforconcentratie in het uit- en afspoelende water naar het oppervlaktewater onder invloed van bemesting voor drie droogleggingen (naar: Hendriks, 1993)



9.2b Berekende fosforbemestingsoverschot versus de berekende fosforvrucht naar het oppervlaktewater onder invloed van bemesting voor drie droogleggingen (naar: Hendriks, 1993)

*Tabel 9.1 Relatieve fout in de berekende nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater door bemesting als gevolg van een fout in de drooglegging van 0,10 m, weergegeven voor de drie afdelingen van de AV*

Fout drooglegging	Relatieve fout in berekende belasting door bemesting (%)					
	Stikstof			Fosfor		
	Nederwaard	Overwaard	Vijfheerenl.	Nederwaard	Overwaard	Vijfheerenl.
0,10 m overschat	-20	-40	-50	-18	-23	-25
0,10 m onderschat	+32	+44	+67	+18	+23	+21

-20 = belasting met 20% van de berekende waarde onderschat

+20 = belasting met 20% van de berekende waarde overschat



## Aanhangsel 10 Afleiding van de Bergambacht-relatie

De Bergambacht-relatie is een empirische relatie om uit een aantal gegevens de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- of fosforconcentratie in het oppervlaktewater te berekenen. Ze is gebaseerd op de uitkomsten van modelberekeningen voor het peilgebied Bergambacht (Hendriks et al., 1994).

Uitgangspunt voor de relatie is dat gedurende de zomerperiode processen spelen, waardoor de concentratie in het oppervlaktewater verandert. Ter vereenvoudiging is aangenomen dat deze verandering lineair is en eenduidig in een bepaalde richting werkt. De zomerhalfjaargemiddelde concentratie is dan gelijk aan het gemiddelde van de concentratie aan het begin en die aan het einde van de zomerperiode:

$$c_{\text{zom}} = 0,5 (c_{\text{beg}} + c_{\text{end}}) \quad (10.1)$$

$c_{\text{zom}}$  = zomerhalfjaargemiddelde concentratie ( $\text{g.m}^{-3}$ );

$c_{\text{beg}}$  = concentratie aan het begin van de zomer ( $\text{g.m}^{-3}$ );

$c_{\text{end}}$  = concentratie aan het einde van de zomer ( $\text{g.m}^{-3}$ ).

De veranderingen in de concentratie in het oppervlaktewater die gedurende de zomerperiode optreden, zijn het gevolg van:

- waterinlaat of -uitlaat;
- infiltratie naar de bodem of drainage vanuit de bodem (inclusief afspoeling);
- opname door biomassa (kroos);
- omzettingsprocessen in het oppervlaktewater en waterbodem zoals mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, sorptieprocessen enz.;
- atmosferische depositie op het oppervlaktewater.

In de werkelijkheid spelen al deze processen tegelijkertijd en beïnvloeden ze elkaar. Om dit mechanisme te beschrijven en de resulterende concentratie te berekenen, zijn modelberekeningen nodig. In dit onderzoek was het alleen mogelijk met eenvoudige afgeleide relaties te werken. Aangenomen is daarom dat de totale verandering in de concentratie gedurende de zomerperiode gelijk is aan de som van de afzonderlijke veranderingen. Hierdoor ontstaat de volgende sterk vereenvoudigde vergelijking:

$$\Delta c_{bz \rightarrow ez} = \sum_{bz}^{ez} c_{iu} \frac{V_{iu}}{V} + \sum_{bz}^{ez} c_{id} \frac{V_{id}}{V} + \sum_{bz}^{ez} o.p. + \sum_{bz}^{ez} dp. - \sum_{bz}^{ez} o.k. \quad (10.2)$$

$\Delta c_{bz \rightarrow ez}$  = verandering van de concentratie in de periode begin zomer tot einde zomer ( $g.m^{-3}$ );

$bz$  = begin zomer;

$ez$  = einde zomer;

$c_{iu}$  = concentratie van het ingelaten of uitgelaten water ( $g.m^{-3}$ );

$c_{id}$  = concentratie van het geïnfiltreerde of gedraineerde water ( $g.m^{-3}$ );

$V$  = volume oppervlaktewater bij zomerpeil ( $m^3$ );

$V_{iu}$  = volume netto hoeveelheid ingelaten (positieve term) of uitgelaten (negatieve term) water ( $m^3$ );

$V_{id}$  = volume netto hoeveelheid geïnfiltreerd (negatieve term) of gedraineerd (positieve term) water ( $m^3$ );

$o.p.$  = omzettingsprocessen;

$dp.$  = atmosferische depositie;

$o.k.$  = opname door kroos.

De concentratie aan het einde van de zomer is gelijk aan de beginconcentratie plus de verandering in de concentratie gedurende de zomer:

$$c_{end} = c_{beg} + \Delta c_{bz \rightarrow ez} \quad (10.3)$$

De concentratie aan het begin van de zomer is gelijk aan de concentratie aan het einde van de winter. Omdat de winter een uitspoelingsperiode is, wordt het waterlopenstelsel voortdurend doorgespoeld. Aangenomen is daarom dat in een gemiddelde situatie de concentratie aan het einde van de winter gelijk is aan de gemiddelde winterconcentratie. Invullen van (10.2) en (10.3) in (10.1) met  $c_{beg} = c_{win}$ , de winterhalfjaargemiddelde concentratie in  $g.m^3$ , geeft:

$$c_{zom} = c_{win} + 0,5 \left( \sum_{bz}^{ez} c_{iu} \frac{V_{iu}}{V} + \sum_{bz}^{ez} c_{id} \frac{V_{id}}{V} + \sum_{bz}^{ez} o.p. + \sum_{bz}^{ez} dp. - \sum_{bz}^{ez} o.k. \right) \quad (10.4)$$

Om de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie te berekenen met deze relatie zijn gegevens nodig over:

- de winterhalfjaargemiddelde concentratie in het oppervlaktewater;
- de concentraties in, en de hoeveelheden van ingelaten of uitgelaten, en geïnfiltreerd of gedraineerd water in de zomerperiode;
- opname door kroos, omzettingsprocessen en atmosferische depositie.

De winterhalfjaargemiddelde concentratie in het oppervlaktewater is verkregen uit de modelresultaten van de Bergambachtstudie via lineaire regressie. Hierbij is een lineair verband gevonden tussen de winterhalfjaargemiddelde concentratie in het

oppervlaktewater en de gemiddelde concentratie in het water dat uit- en afspoelt vanuit en vanaf de bodem naar het oppervlaktewater (drainagewater) volgens (10.5). De gemiddelde concentraties in het uit- en afspoelende water zijn berekend zoals beschreven in paragraaf 6.3.1.1.

$$c_{win} = \alpha + \beta c_{uaw} \quad (10.5)$$

$c_{uaw}$  = concentratie van het uit- en afspoelende water ( $\text{g.m}^{-3}$ );

$\alpha, \beta$  = regressiecoëfficiënten, afhankelijk van de component (stikstof of fosfor).

De netto hoeveelheden ingelaten of uitgelaten en geïnfilterd of gedraineerd water in de zomerperiode zijn afgeleid uit de opgestelde waterbalansen voor de zomer. De concentraties in het ingelaten water zijn gegeven; die in het drainagewater zijn gelijk genomen aan de winterhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater (vergelijking 10.5). Deze laatste concentraties benaderen het best de concentraties die het drainagewater heeft wanneer dit water, na het passeren van de waterbodem van de sloot, het oppervlaktewater bereikt. De concentraties in het uitgelaten en geïnfilterde water zijn gelijk aan de zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater.

De invloed van de opname van stikstof en fosfor door kroos, en van de omzettingsprocessen die spelen in het oppervlaktewater en de waterbodem op de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater is niet expliciet aan te geven. Deze invloed is mede afhankelijk van de concentraties in het oppervlaktewater, en deze laatste is weer afhankelijk van alle processen en randvoorwaarden. Voor een correcte beschrijving hiervan zijn modelberekeningen nodig.

Om de invloed van de opname door kroos, en van de omzettingsprocessen toch tot uitdrukking te laten komen in de relatie om de zomerhalfjaargemiddelde concentraties te berekenen, is een lineaire regressie toegepast met de modelresultaten van de Bergambachtstudie. Op deze wijze is deze invloed impliciet meegenomen; ze komt tot uitdrukking via de regressiecoëfficiënten. Aanname hierbij is dat de omstandigheden die van invloed zijn op de betreffende processen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden vergelijkbaar zijn met die in het peilgebied Bergambacht. Atmosferische depositie is eveneens op een impliciete wijze meegenomen, omdat deze term relatief klein is en niet verandert per doorgerekende situatie.

De winterhalfjaargemiddelde concentratie in het oppervlaktewater en de bijdrage van in- en uitlaat, en infiltratie en drainage aan de verandering van de zomerhalfjaargemiddelde concentratie kunnen worden berekend en zijn daarom wel expliciet in de relatie meegenomen. De eerder genoemde 'impliciete' processen worden in sterke mate beïnvloed door deze 'expliciete' processen. Daarom is een relatie gezocht tussen de zomerhalfjaargemiddelde concentratie en de 'expliciete' processen, waarbij de invloed van de 'impliciete' processen besloten zit in de regressiecoëfficiënten. Hierdoor ontstaat de volgende lineaire-regressie-vergelijking:

$$c_{zom} = a + b (c_{win} + 0,5 (\sum_{bz}^{ez} c_{iu} \frac{V_{iu}}{V} + \sum_{bz}^{ez} c_{id} \frac{V_{id}}{V})) \quad (10.6)$$

a, b = regressiecoëfficiënten, afhankelijk van de component (stikstof of fosfor).

Met vergelijking (10.6) en de modeluitkomsten van de Bergambachtstudie zijn de regressiecoëfficiënten a en b bepaald voor stikstof en voor fosfor. Voor de termen  $c_{iu}$  en  $V_{iu}$ , en  $c_{id}$  en  $V_{id}$  zijn waarden ingevuld afhankelijk van de situatie: inlaat of uitlaat, en infiltratie of drainage. De regressiecoëfficiënten a en b gelden daarmee voor alle voorkomende combinaties van inlaat/uitlaat en infiltratie/drainage in de zomer:

- 1 netto inlaat en netto drainage;
- 2 netto inlaat en netto infiltratie (positieve  $V_{iu}$  en negatieve  $V_{id}$ );
- 3 netto uitlaat en netto drainage (negatieve  $V_{iu}$  en positieve  $V_{id}$ ).

Met de regressiecoëfficiënten a en b is de Bergambacht-relatie gegeven. De exacte formulering van de relatie is afhankelijk van de randvoorwaarden betreffende inlaat-/uitlaat en infiltratie/drainage. De drie bovenstaande situaties voor de zomerperiode doen zich ook alle drie voor in de scenarioberekeningen van de drie nader bestudeerde deelgebieden. In situatie 2 en 3 is de concentratie in respectievelijk het infiltrerende en het uitgelaten water gelijk aan de zomerconcentratie die moet worden berekend. Hierdoor wordt voor deze situaties de regressievergelijking anders geschreven dan de oorspronkelijke vergelijking (10.6). In de situaties 1 en 3 met netto drainage is de concentratie van het gedraineerde water gelijkgesteld aan de winterhalfjaargemiddelde concentratie van het oppervlaktewater.

De Bergambacht-relatie voor de drie situaties luidt:

$$c_{zom} = a + 0,5 b (c_{inl} \frac{V_{inl}}{V} + c_{win} \frac{V_{dm}}{V} + 2 c_{win}) \quad (10.7)$$

$$c_{zom} = \frac{a + 0,5 b (c_{inl} \frac{V_{inl}}{V} + 2 c_{win})}{1 + 0,5 b \frac{V_{infl}}{V}} \quad (10.8)$$

$$c_{zom} = \frac{a + 0,5 b c_{win} \left( \frac{V_{dm}}{V} + 2 \right)}{1 + 0,5 b \frac{V_{uit}}{V}} \quad (10.9)$$

$c_{inl}$  = concentratie in het inlaatwater ( $\text{g.m}^{-3}$ );

$V_{inl}$  = totale netto hoeveelheid ingelaten water gedurende de zomerperiode ( $\text{m}^{-3}$ );

$V_{uit}$  = totale netto hoeveelheid uitgelaten water gedurende de zomerperiode ( $\text{m}^{-3}$ );

$V_{infi}$  = totale netto hoeveelheid geïnfiltreerd water gedurende de zomerperiode ( $\text{m}^{-3}$ );

$V_{dm}$  = totale netto hoeveelheid gedraineerd water gedurende de zomerperiode ( $\text{m}^{-3}$ ).

Omdat de winterconcentratie en de in- en uitlaat, en de infiltratie en drainage expliciet in de Bergambacht-relatie zijn opgenomen, kunnen veranderingen in deze aspecten met de relatie worden doorgerekend. Hierdoor is het mogelijk met de Bergambacht-relatie (beperkte) scenario-berekeningen uit te voeren. Het betreft dan wijzigingen in:

- de concentratie in het gedraineerde water als gevolg van bijvoorbeeld veranderingen in de bemesting of de kwelintensiteit, die tot uitdrukking komen in de winterconcentratie in het oppervlaktewater (vergelijking 10.5);
- de waterbalans waardoor verschuivingen optreden in de netto-hoeveelheden ingelaten, uitgelaten, geïnfiltreerd en gedraineerd water;
- de concentraties in het ingelaten water in de zomer.

De resultaten van de Bergambacht-relatie zijn slechts grove schattingen van de zomerhalfjaargemiddelde concentraties in het oppervlaktewater. Ze zijn behept met grote onzekerheden, omdat ze zijn gebaseerd op sterk vereenvoudigde empirische relaties, afgeleid via lineaire regressie uit de resultaten van modelberekeningen voor een vergelijkbaar gebied. De resultaten van deze modelberekeningen kenden zelf ook een bepaalde onnauwkeurigheid (Hendriks et al., 1994). Daarnaast is het de vraag of het peilgebied Bergambacht in relevante eigenschappen echt overeenstemt met de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Dit geldt vooral voor fosfor, waarvan de concentratie in het oppervlaktewater sterk wordt bepaald door de adsorptiecapaciteit voor en de opladingsgraad met fosfaat van de baggerlaag. De toestand van de baggerlaag in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden is niet bekend. De resultaten van de Bergambacht-relatie hebben daardoor slechts waarde als aanwijzingen voor tendensen en richtingen van bepaalde ontwikkelingen. Ze hebben slechts beperkte absolute waarde.

## Aanhangsel 11 Waterbalansen voor de bodem en het oppervlaktewater en de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater vanuit de bodem voor verschillende scenario's en voor de deelgebieden a, b en c

*Tabel 11.1 Waterbalans (in mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'autonome ontwikkeling' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	74	51
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	12	-12
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	-2	-392
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	29	6252
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	255	-6805

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 11.2 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied a, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'autonome ontwikkeling'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	44	58	1,2	46
Achtergrondbelasting	16	21	1,1	42
Bemestingsoverschot	16	21	0,3	12
Totaal	76	100	2,6	100

Tabel 11.3 Waterbalans (in mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'huidige drooglegging en onbemest' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	74	51
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	12	-12
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	-2	-392
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	29	6252
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	255	-6805

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

Tabel 11.4 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied a, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'huidige drooglegging en onbemest'

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	44	73	1,2	52
Achtergrondbelasting	16	27	1,1	48
Bemestingsoverschot	0	0	0,0	0
Totaal	60	100	2,3	100

*Tabel 11.5 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	93	70
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	12	-12
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	-21	-411
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	331	6555
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	-47	-7108

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 11.6 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten (kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied a, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	57	71	1,6	46
Achtergrondbelasting	16	20	1,1	31
Bemestingsoverschot	7	9	0,8	23
Totaal	80	100	3,5	100



Tabel 11.7 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	93	70
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	12	-12
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	-21	-411
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	331	6555
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	-47	-7108

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

Tabel 11.8 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied a, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting'

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	57	72	1,6	52
Achtergrondbelasting	16	20	1,1	35
Bemestingsoverschot	6	7	0,4	13
Totaal	79	100	3,1	100

*Tabel 11.9 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied a voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'kleine drooglegging en onbemest' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	60	27
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	18	-18
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	6	-362
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-98	5773
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	0	0
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	182	-6126

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 11.10 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied a, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'kleine drooglegging en onbemest'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	30	66	0,9	45
Achtergrondbelasting	16	34	1,1	55
Bemestingsoverschot	0	0	0,0	0
Totaal	46	100	2,0	100

Tabel 11.11 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied b voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'autonome ontwikkeling' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	66	43
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	9	-9
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	9	-387
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-118	5219
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	220	220
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	422	-5792

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

Tabel 11.12 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied b, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'autonome ontwikkeling'

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	3	13	2,0	59
Achtergrondbelasting	12	44	1,0	29
Bemestingsoverschot	11	43	0,4	12
Totaal	26	100	3,4	100

*Tabel 11.13 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied b voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	78	53
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	9	-9
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	-3	-397
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	38	5358
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	246	-5911

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 11.14 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten (kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied b, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	4	17	2,4	59
Achtergrondbelasting	12	50	1,0	24
Bemestingsoverschot	8	33	0,7	17
<b>Totaal</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>4,1</b>	<b>100</b>

Tabel 11.15 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied b voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	78	53
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	9	-9
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	-3	-397
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	38	5358
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	246	-5911

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

Tabel 11.16 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied b, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting'

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	4	18	2,4	63
Achtergrondbelasting	12	54	1,0	26
Bemestingsoverschot	6	27	0,4	11
Totaal	22	100	3,8	100

*Tabel 11.17 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'autonome ontwikkeling' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	30	-33
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	7	-7
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	47	-313
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-901	5955
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-110	110
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	1095	-6418

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 11.18 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied c, onderscheiden naar vermistingsbron voor het scenario 'autonome ontwikkeling'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	0	0	0,0	0
Achtergrondbelasting	3	20	0,5	56
Bemestingsoverschot	12	80	0,4	44
Totaal	15	100	0,9	100

Tabel 11.19 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'huidige drooglegging en onbemest' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	30	-33
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	7	-7
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	47	-313
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-901	5955
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-110	110
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	1095	-6418

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

Tabel 11.20 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied c, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'huidige drooglegging en onbemest'

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	0	0	0,0	0
Achtergrondbelasting	3	100	0,5	100
Bemestingsoverschot	0	0	0,0	0
Totaal	3	100	0,5	100

*Tabel 11.21 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	42	-10
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	7	-7
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	35	-336
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-660	6392
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	944	-6945

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 11.22 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied c, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'grote drooglegging bij huidige bemesting'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	1	6	0,3	20
Achtergrondbelasting	3	25	0,5	33
Bemestingsoverschot	8	69	0,7	47
Totaal	12	100	1,5	100



*Tabel 11.23 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*

Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	42	-10
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	7	-7
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	35	-336
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-660	6392
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	-200	200
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	944	-6945

\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 11.24 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten (kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied c, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'grote drooglegging bij autonome bemesting'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	1	7	0,3	25
Achtergrondbelasting	3	32	0,5	42
Bemestingsoverschot	6	61	0,4	33
Totaal	10	100	1,2	100

*Tabel 11.25 Waterbalans (mm) van het bodem- en het oppervlaktewatersysteem van deelgebied c voor een gemiddelde meteorologische zomer en winter behorend bij het scenario 'kleine drooglegging en onbemest' (bodem- en oppervlaktewatersysteem respectievelijk uitgedrukt t.o.v. het land- en wateroppervlak)*








Systeem	Waterbalanstermen*	Zomer	Winter
Bodem	kwel	-4	-79
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering bodemprofiel	10	-10
	infiltratie(+)/drainage(-) bodem	78	-264
Oppervlaktewater	infiltratie(-)/drainage(+) bodem	-1479	5021
	neerslag - verdamping	-84	353
	bergingsverandering sloten	0	0
	lozingen	0	0
	inlaat(+)/uitlaat(-)	1563	-5374

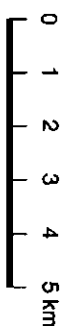
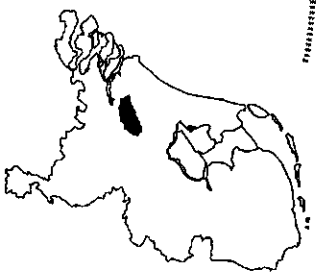
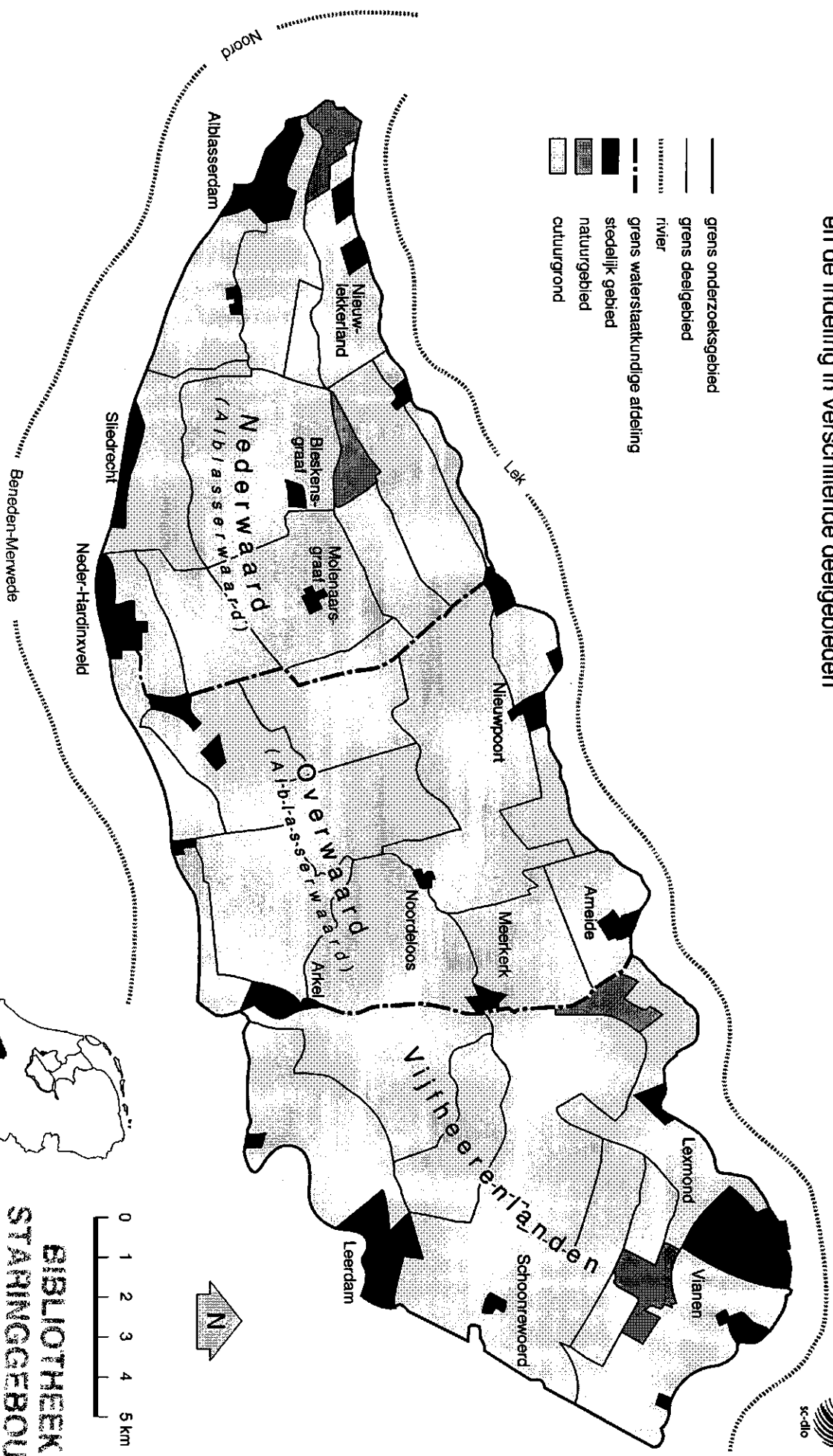
\* Voor de definitie van de waterbalanstermen wordt verwezen naar paragraaf 6.3.1.2

*Tabel 11.26 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als vrachten (kg.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>) en als percentage van de totale uit- en afspoeling voor deelgebied c, onderscheiden naar vermestingsbron voor het scenario 'kleine drooglegging en onbemest'*

Vermestingsbron	Stikstof		Fosfor	
	vracht	%	vracht	%
Kwel	-1	-30	-0,1	-25
Achtergrondbelasting	3	130	0,5	125
Bemestingsoverschot	0	0	0,0	0
Totaal	2	100	0,4	100

Dr. W. G. S. O. 112 / NN 31127.58  
Bijlage 1 Ligging van het onderzoeksgebied de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden en de indeling in verschillende deelgebieden

-  grens onderzoeksgebied
-  grens deelgebied
-  rivier
-  grens waterstaatkundige afdeling
-  stedelijk gebied
-  natuurgebied
-  cultuurgrond

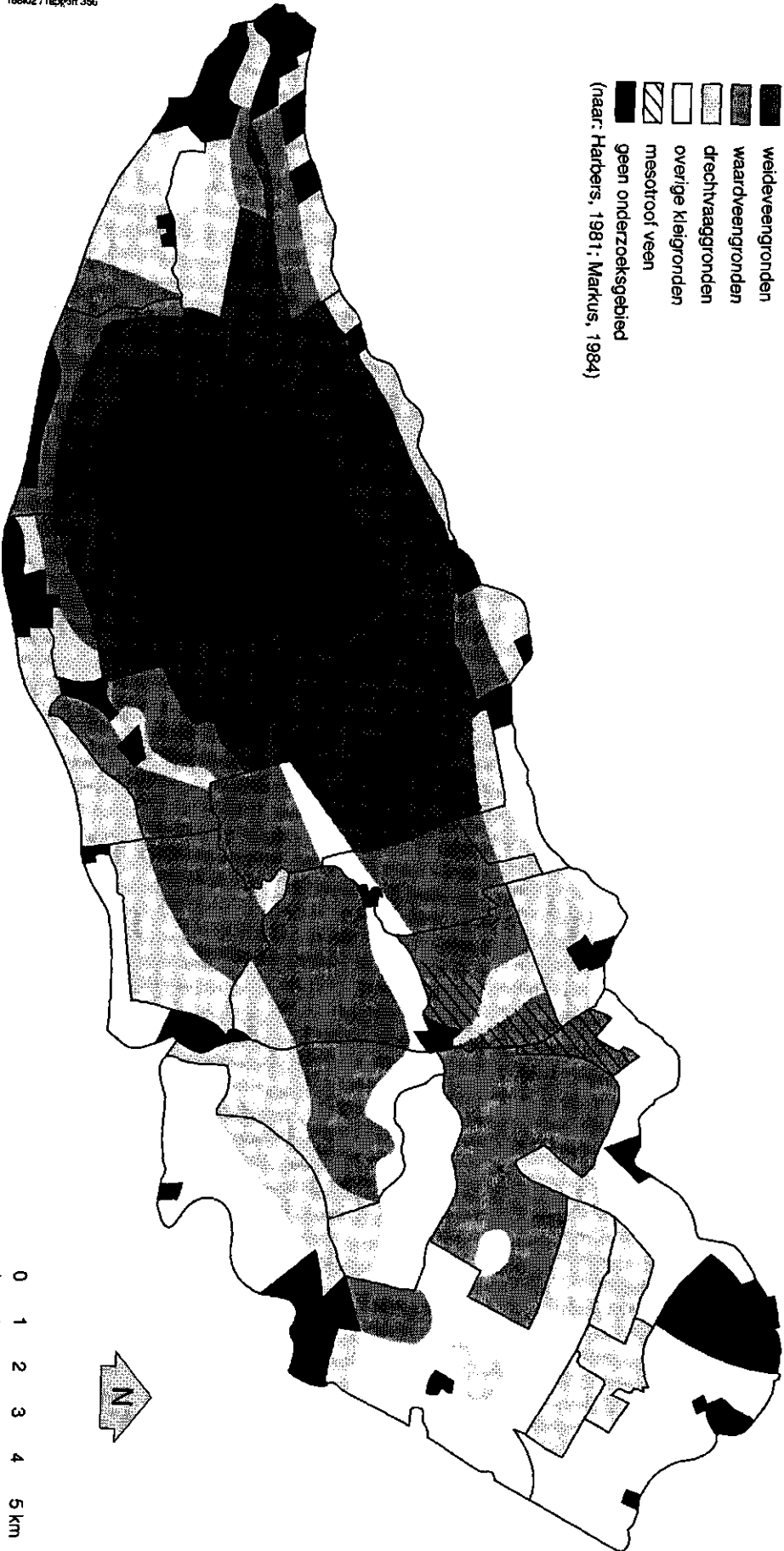


**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEROUW**








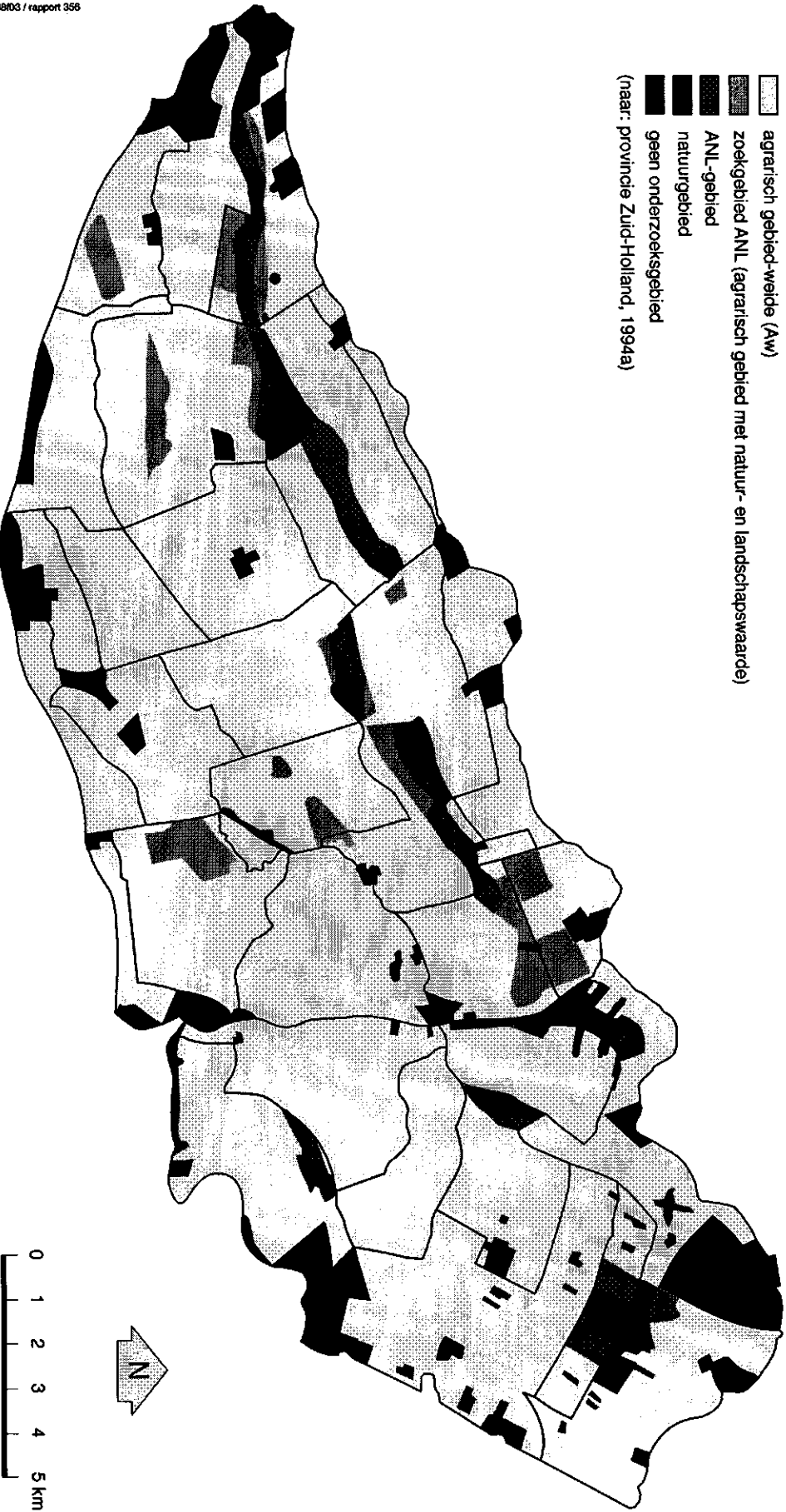
St. Wgs500113 / N121127,356  
Bijlage 2 Bodemeenheden in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

- koopveengronden
  - weideveengronden
  - waardveengronden
  - drechтваaggronden
  - overige kleigronden
  - mesotroof veen
  - geen onderzoeksgebied
- (naar: Harbers, 1981; Markus, 1984)



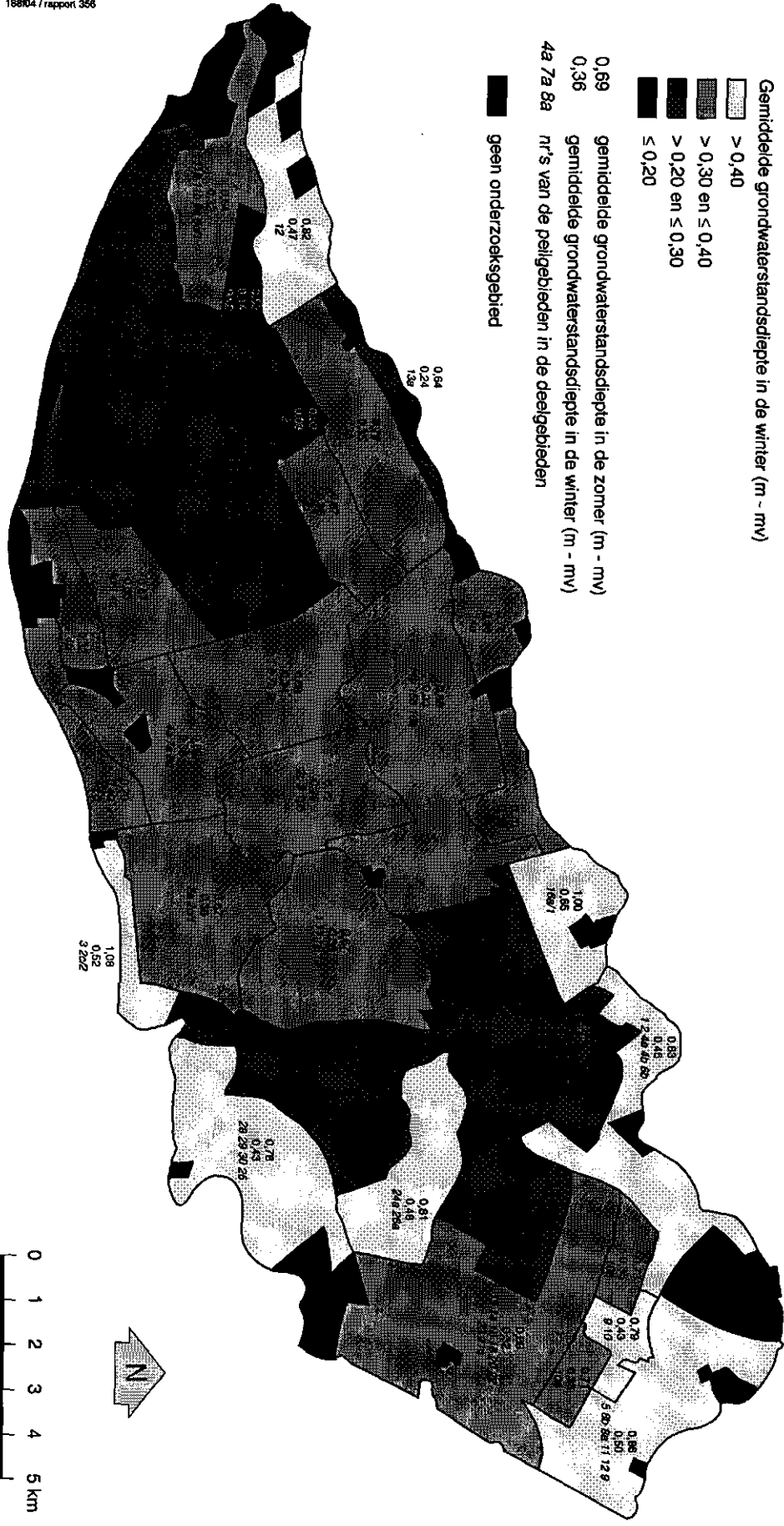
St. 9500114 / NAI 3127.356  
Bijlage 3 Ruimtelijke plannen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

-  agrarisch gebied-weide (Aw)
  -  zoekgebied ANL (agrarisch gebied met natuur- en landschapswaarde)
  -  ANL-gebied
  -  natuurgebied
  -  geen onderzoeksgebied
- (naar: provincie Zuid-Holland, 1994a)



St. 9500115 / N/A 31127.356

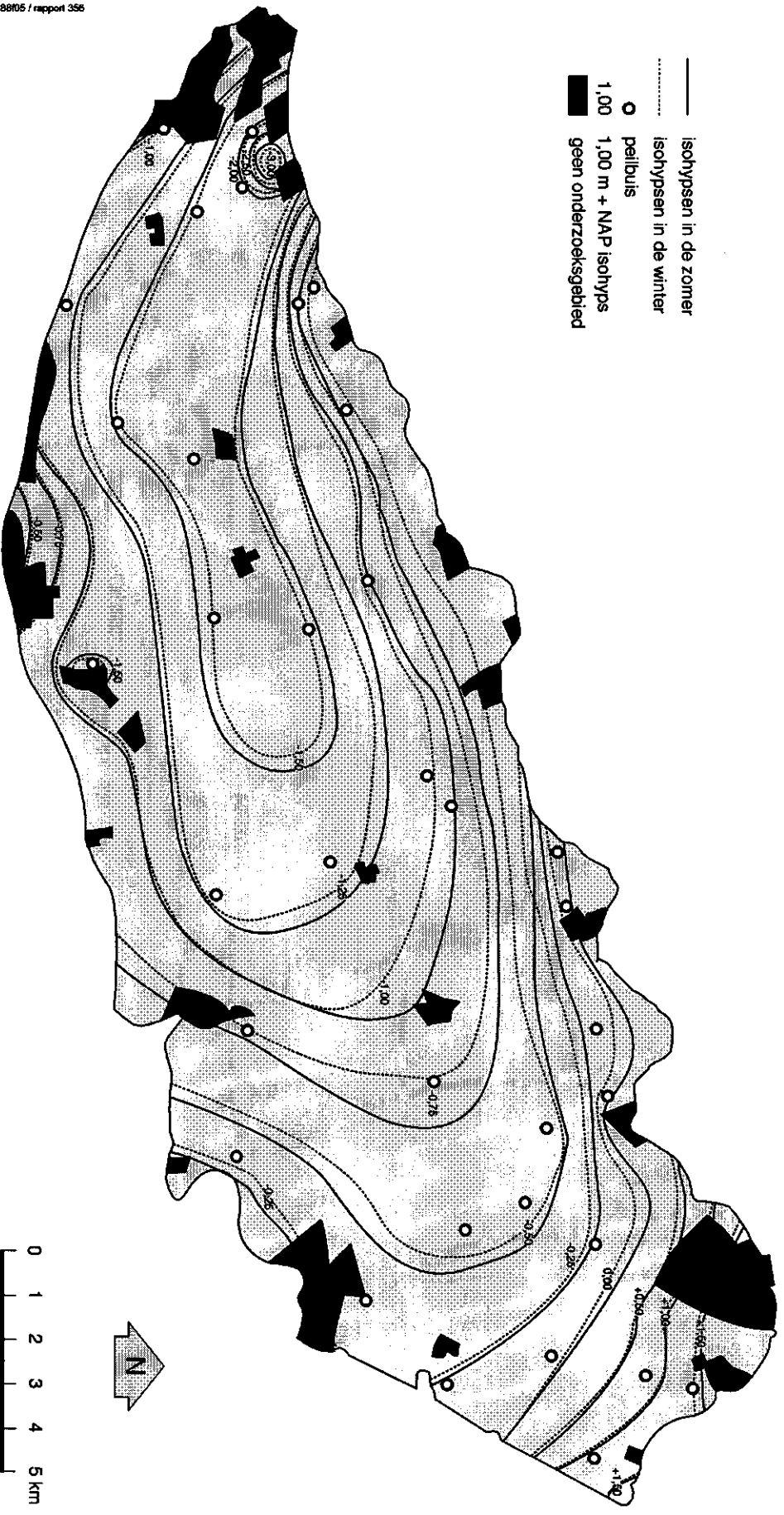
Bijlage 4 Gemiddelde grondwaterstandsdiepte in de zomer en de winter en de peilgebieden per deelgebied in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden



St. Wgs00116 / A1M 31127,356  
 Bijlage 5 Isohyphen van het eerste watervoerend pakket in de zomer en de winter in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden



- Isohyphen in de zomer
- ..... Isohyphen in de winter
- peilbuis
- 1,00 1,00 m + NAP Isohyphs
- geen onderzoeksgebied






St. Wagscoo117 / 81N 31127.856

Bijlage 6 Gemiddelde kwel- of wegzijgingsintensiteit in de zomer, de winter en gedurende het gehele jaar per deelgebied in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

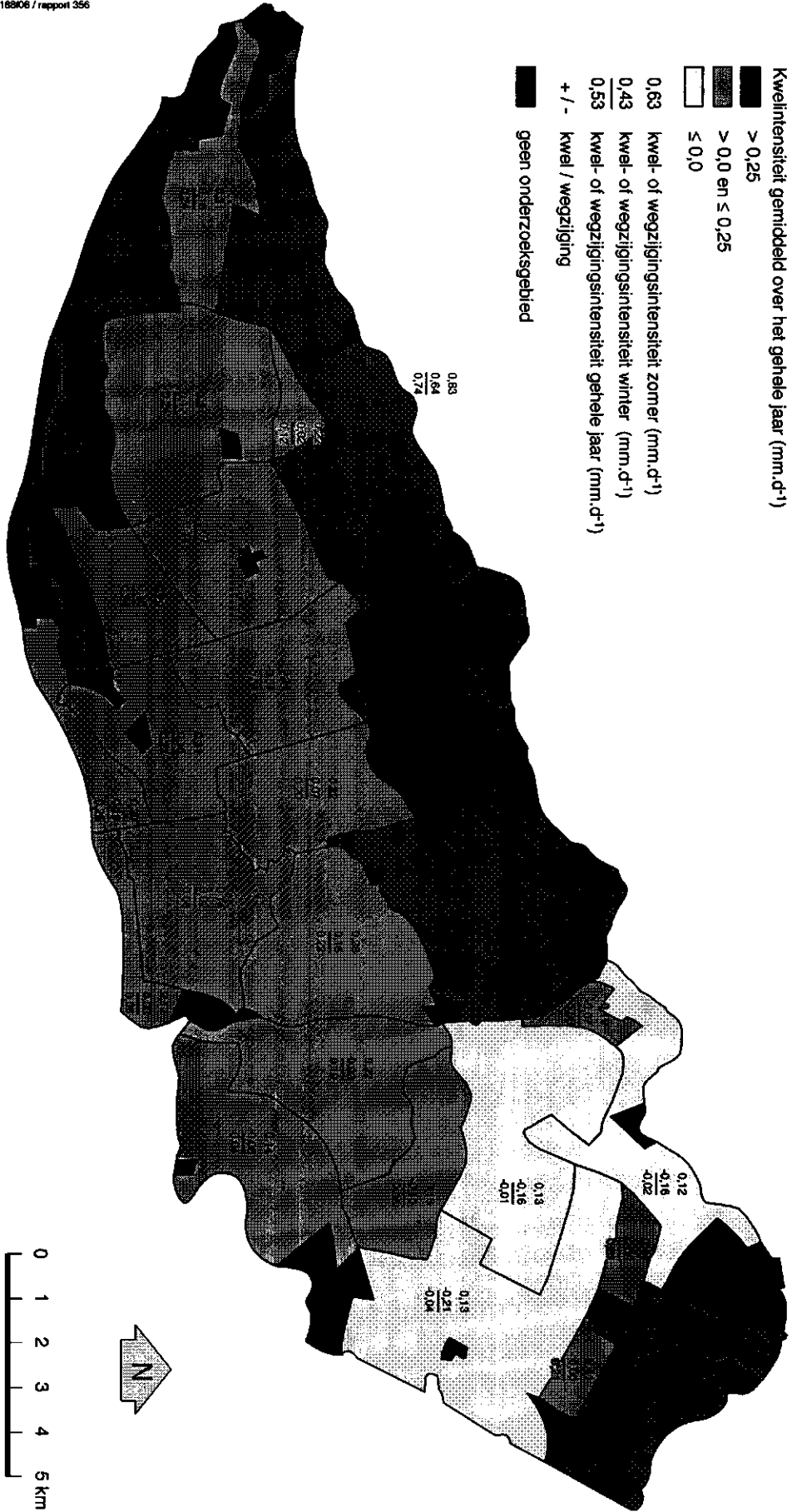


Kwelinteniteit gemiddeld over het gehele jaar (mm.d<sup>-1</sup>)

-  > 0,25
-  > 0,0 en ≤ 0,25
-  ≤ 0,0

- 0,63 kwel- of wegzijgingsintensiteit zomer (mm.d<sup>-1</sup>)
- 0,43 kwel- of wegzijgingsintensiteit winter (mm.d<sup>-1</sup>)
- 0,53 kwel- of wegzijgingsintensiteit gehele jaar (mm.d<sup>-1</sup>)
- + / - kwel / wegzijging

 geen onderzoeksgebied

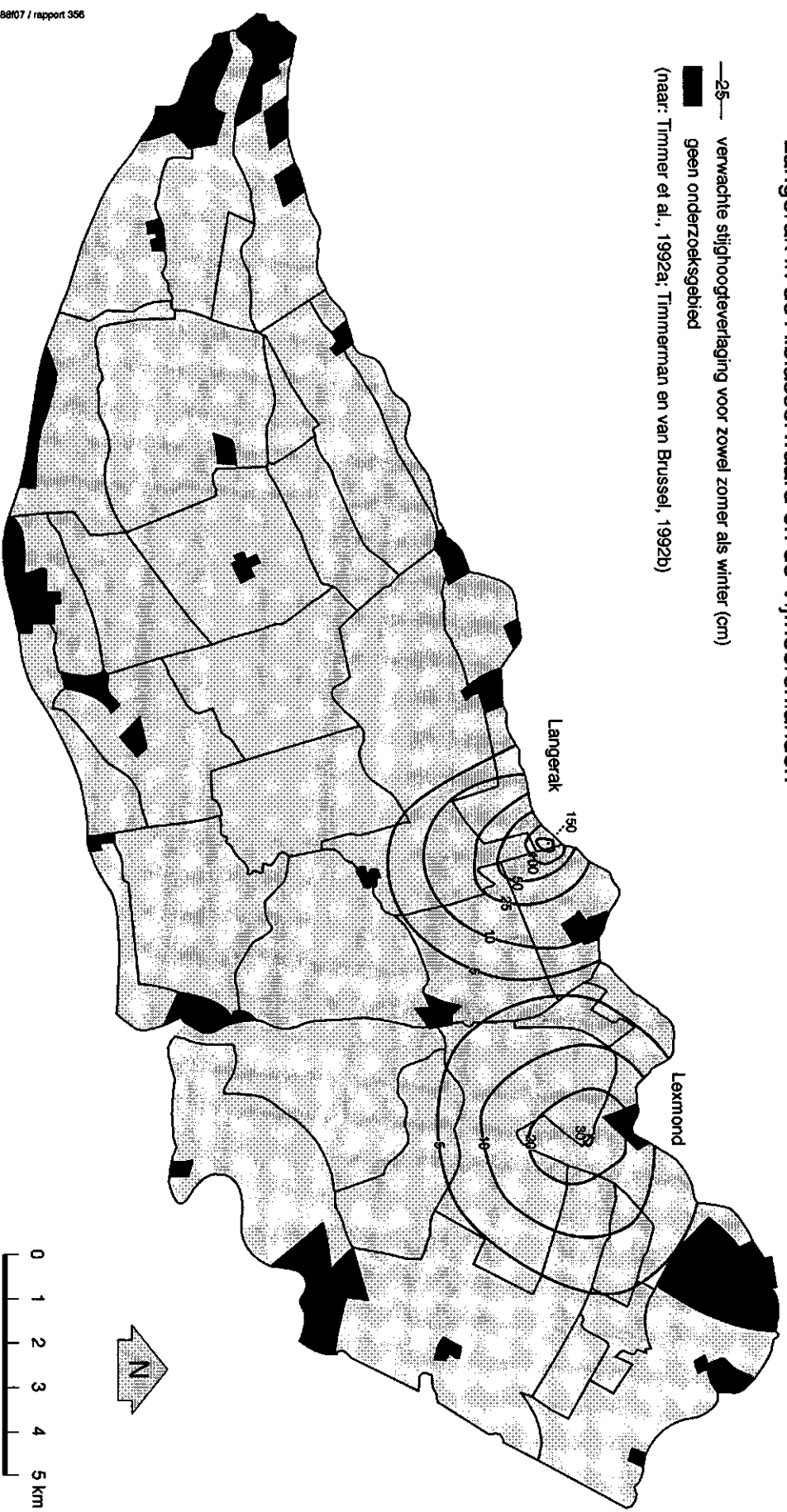




St. Wg500118 / NN 21127.356

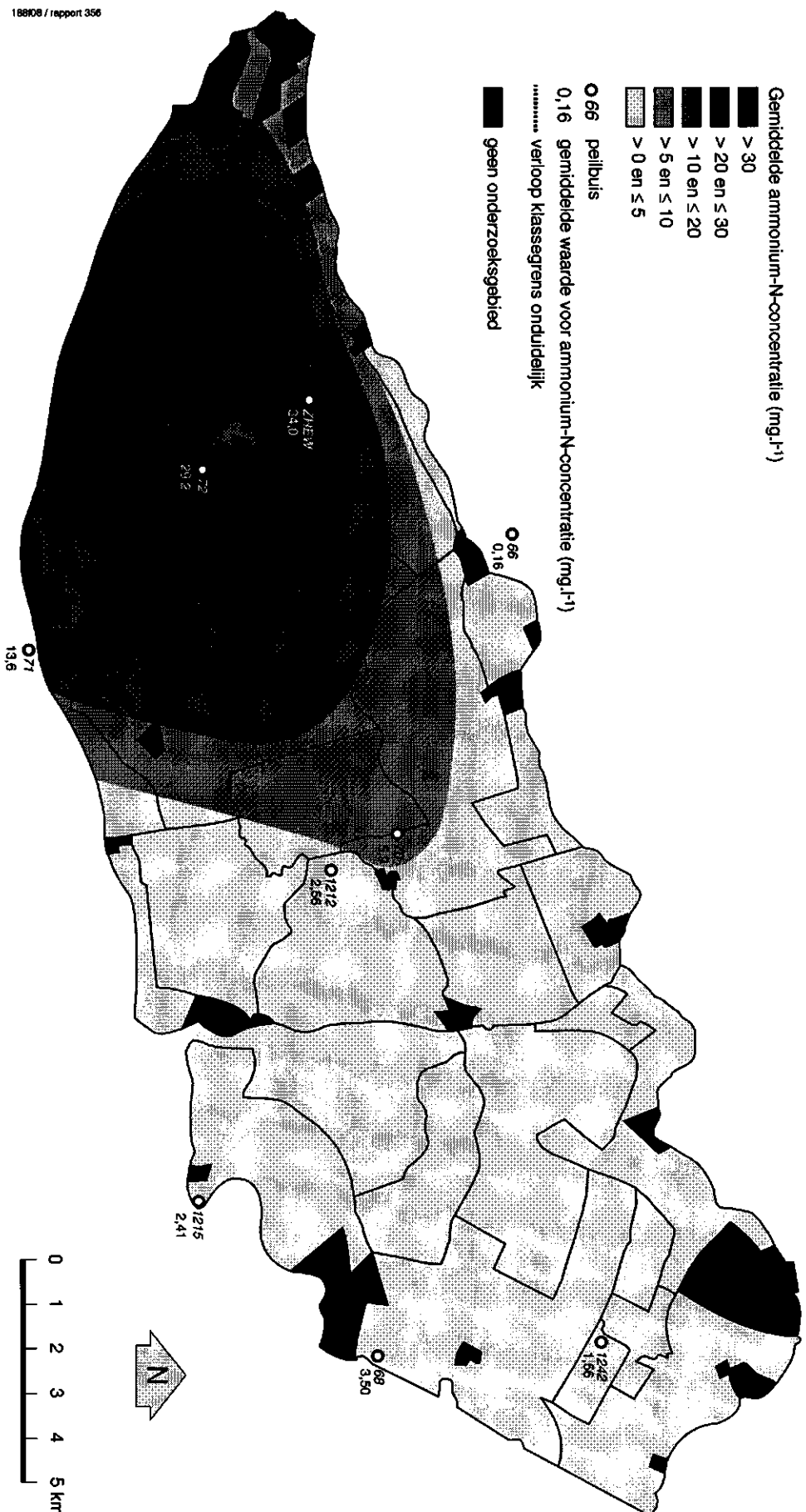
Bijlage 7 Verwachte stijghoogteverlagingen eerste watervoerend pakket als gevolg van een extra grondwateronttrekking te Lexmond en een nieuwe grondwateronttrekking te Langerak in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

—25— verwachte stijghoogteverlaging voor zowel zomer als winter (cm)  
■ geen onderzoeksgebied  
(naar: Timmer et al., 1992a; Timmerman en van Brussel, 1992b)



St. Wg500119 / NI 31127.356

Bijlage 8 Gemiddelde ammonium-N-concentratie in het water van het eerste watervoerend pakket in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden










St. Wgs 500120 / N/A 31127.356

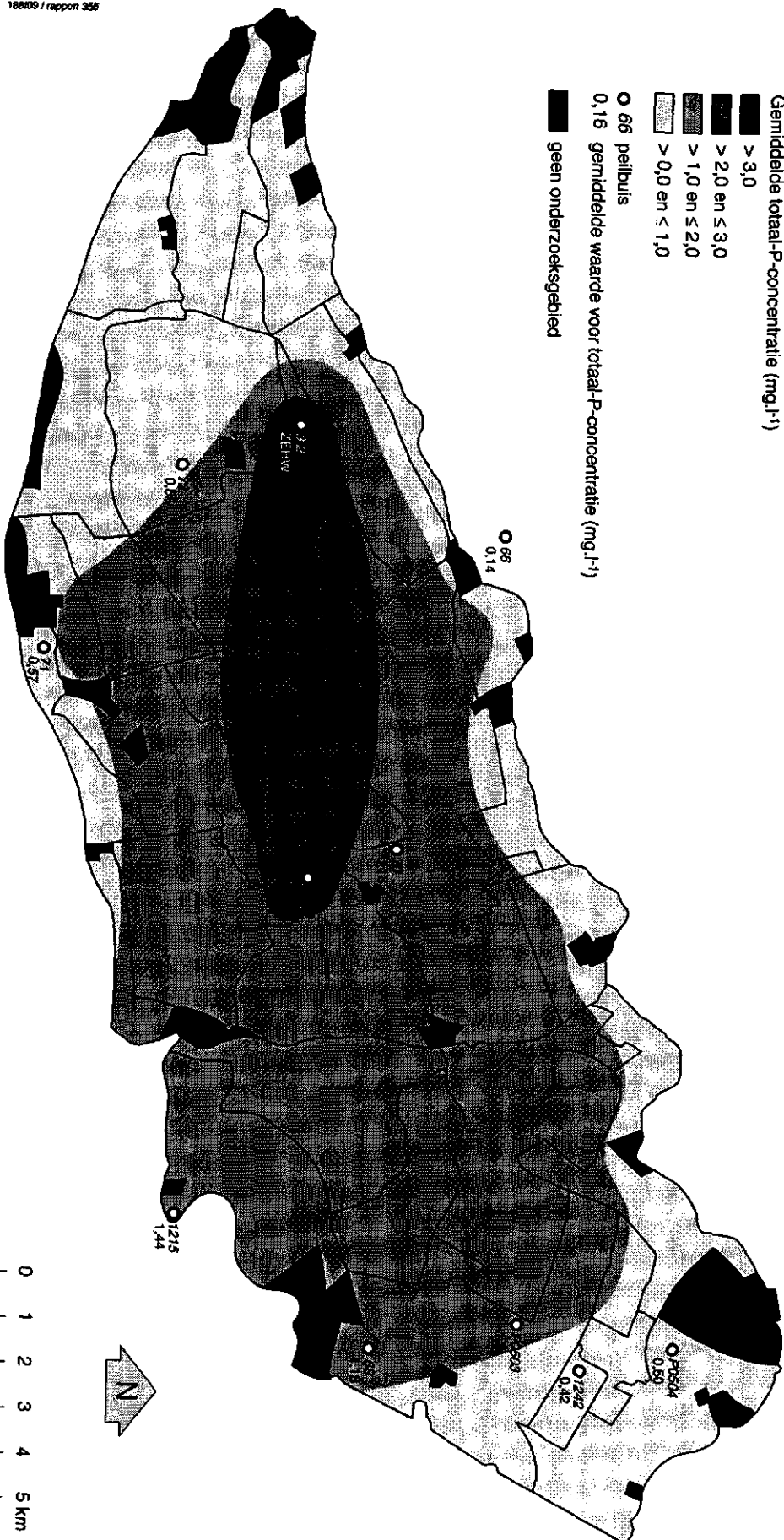
Bijlage 9 Gemiddelde totaal-P-concentratie in het water van het eerste watervoerend pakket in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden



Gemiddelde totaal-P-concentratie ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )

-  > 3,0
-  > 2,0 en  $\leq$  3,0
-  > 1,0 en  $\leq$  2,0
-  > 0,0 en  $\leq$  1,0






-  66 peilbuis
-  0,16 gemiddelde waarde voor totaal-P-concentratie ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )
-  geen onderzoeksgebied

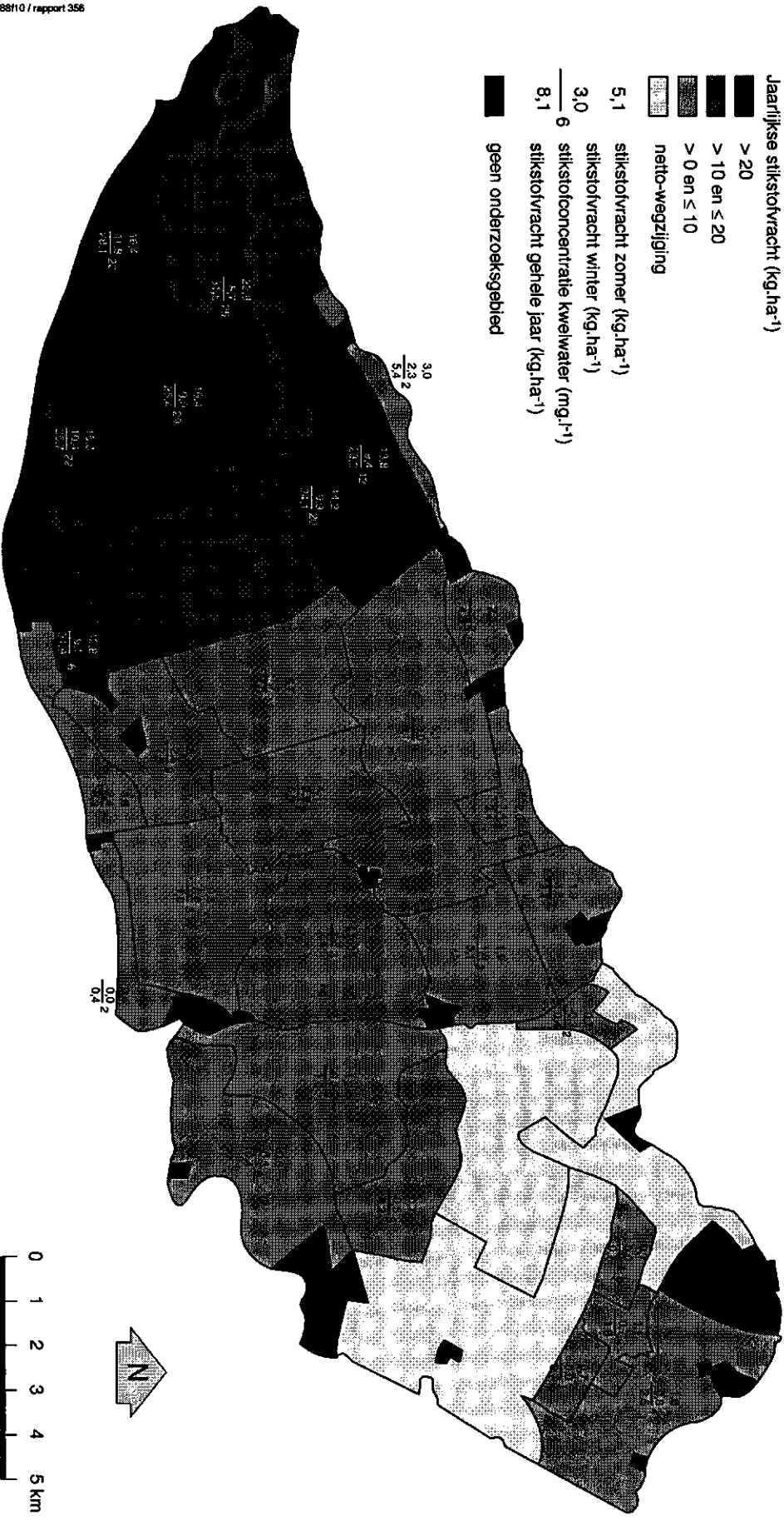


st. Wg500121 / AIN 31127.356

Bijlage 10 Gemiddelde stikstofvrucht aangevoerd met kwelwater in de zomer, de winter en het gehele jaar in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden








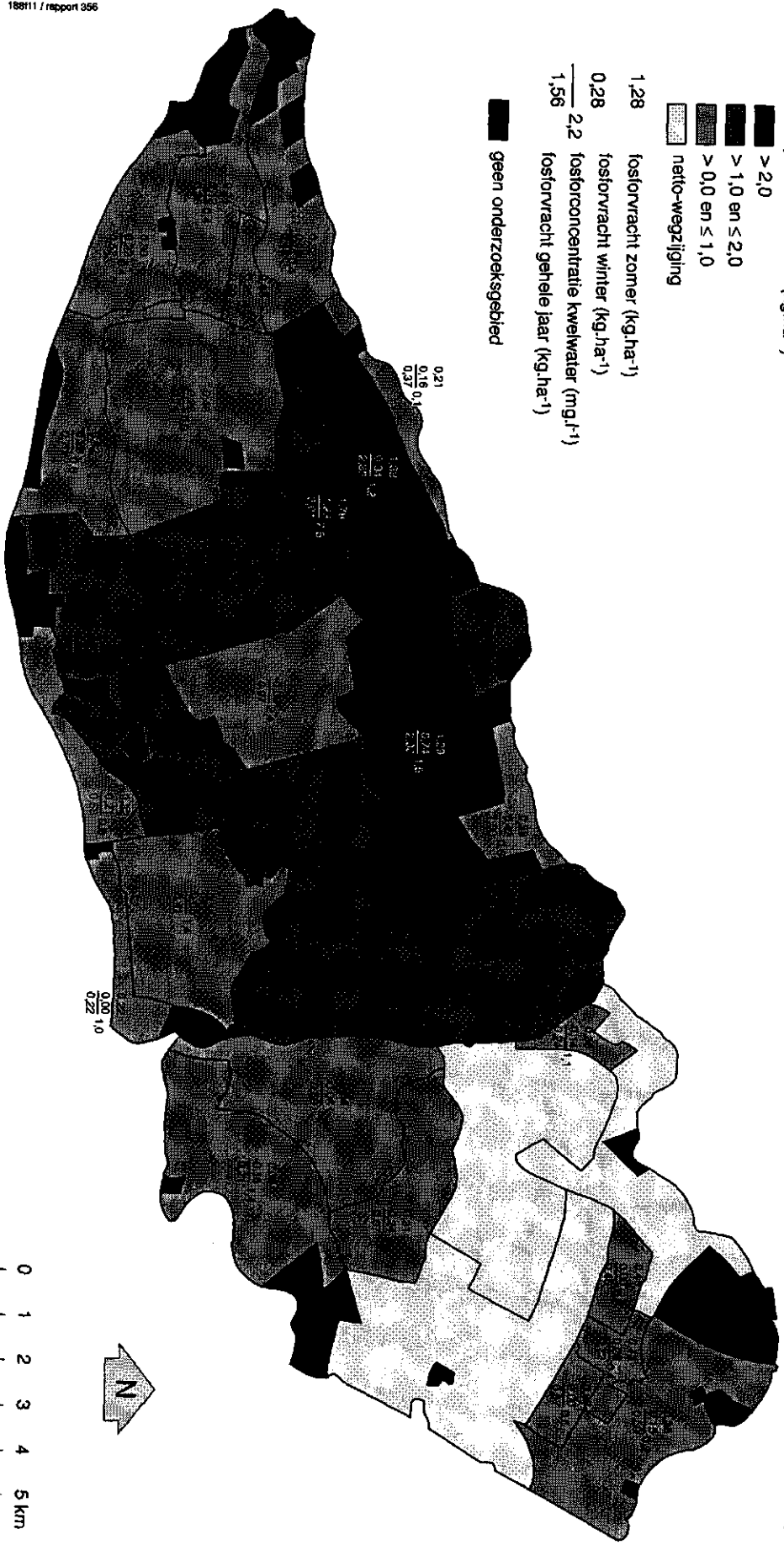
- Jaarlijkse stikstofvrucht (kg/ha<sup>-1</sup>)
-  > 20
  -  > 10 en ≤ 20
  -  > 0 en ≤ 10
  -  netto-wegzijging
  - 5,1 stikstofvrucht zomer (kg/ha<sup>-1</sup>)
  - 3,0 stikstofvrucht winter (kg/ha<sup>-1</sup>)
  - 6 stikstofconcentratie kwelwater (mg/l<sup>-1</sup>)
  - 8,1 stikstofvrucht gehele jaar (kg/ha<sup>-1</sup>)
  -  geen onderzoeksgebied



Bijlage 11 Gemiddelde fosforvrucht aangevoerd met kwelwater in de zomer, de winter en het gehele jaar in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden



- Jaarlijkse fosforvrucht (kg·ha<sup>-1</sup>)
-  > 2,0
  -  > 1,0 en ≤ 2,0
  -  > 0,0 en ≤ 1,0
  -  netto-wegzijging
- 1,28 fosforvrucht zomer (kg·ha<sup>-1</sup>)  
 0,28 fosforvrucht winter (kg·ha<sup>-1</sup>)  
 1,56 fosforvrucht gehele jaar (kg·ha<sup>-1</sup>)
-  geen onderzoeksgebied



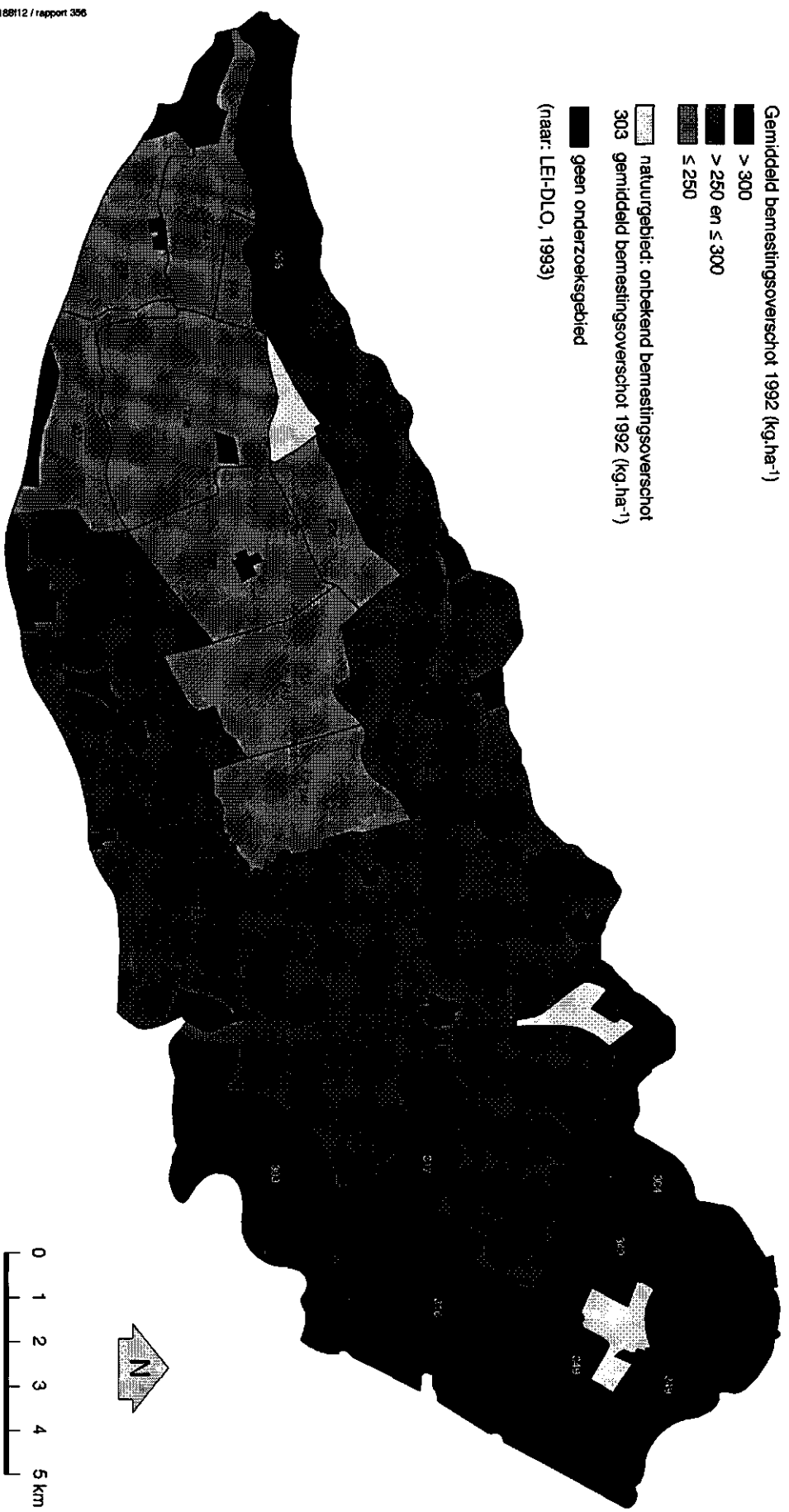
NN 51127.356

St. Wg500123

# Bijlage 12 Gemiddeld bemestingsoverschot voor stikstof voor grasland in 1992 per deelgebied in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden inclusief atmosferische depositie



- Gemiddeld bemestingsoverschot 1992 (kg·ha<sup>-1</sup>)
- > 300
  - > 250 en ≤ 300
  - ≤ 250
- natuurgebied: onbekend bemestingsoverschot  
303 gemiddeld bemestingsoverschot 1992 (kg·ha<sup>-1</sup>)
- geen onderzoeksgebied  
(naar: LEI-DLO, 1993)



188112 / rapport 396

BIBLIOTHEEK  
STARINGGERBOUW

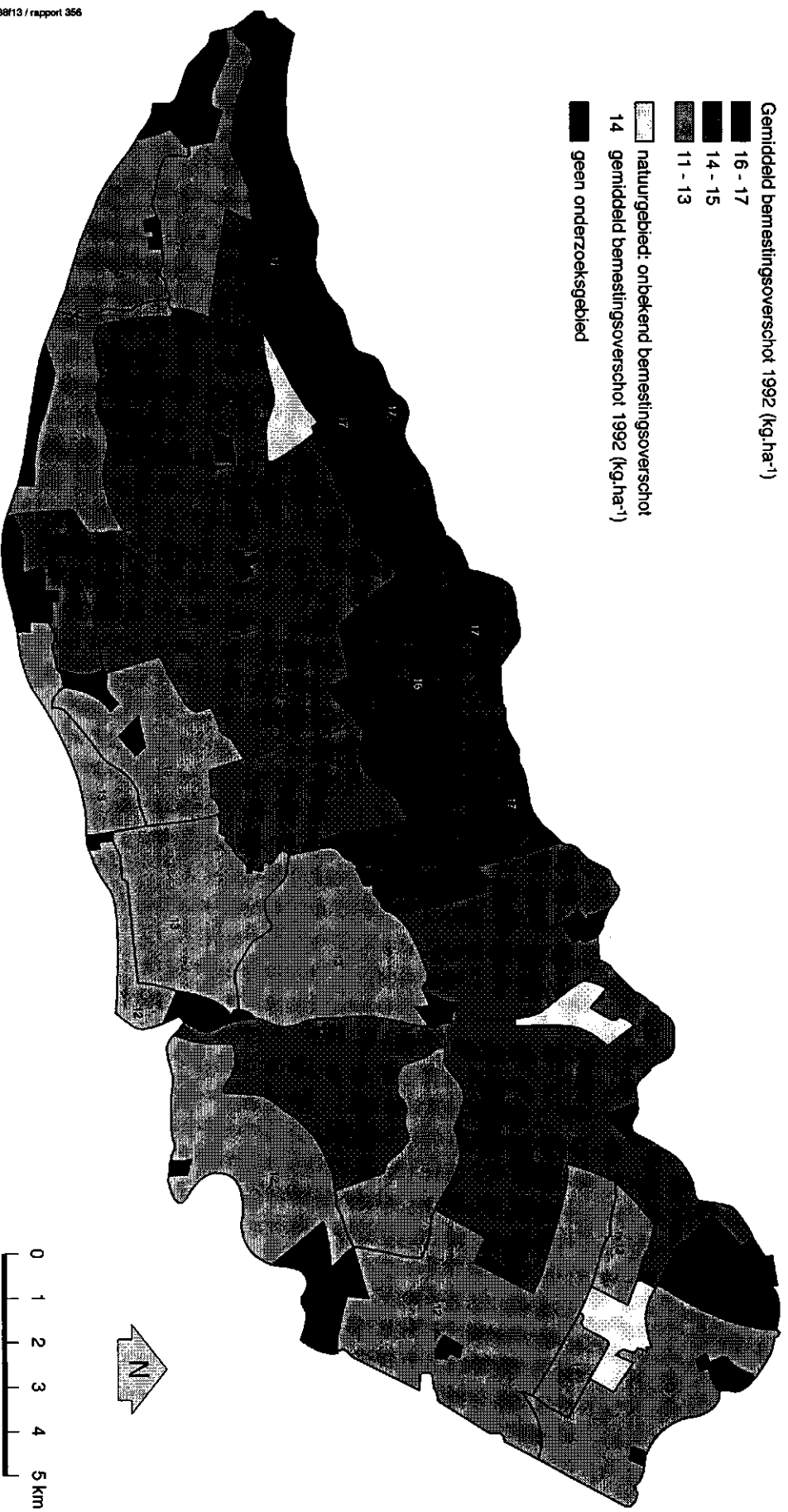
NM 31127.356

St. Wg500124

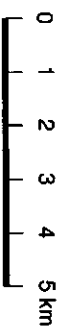
### Bijlage 13 Gemiddelde bemestingsoverschot voor fosfor voor grasland in 1992 per deelgebied in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden inclusief atmosferische depositie

Gemiddeld bemestingsoverschot 1992 (kg·ha<sup>-1</sup>)

- 16 - 17
- 14 - 15
- 11 - 13
- natuurgebied: onbekend bemestingsoverschot
- 14 gemiddeld bemestingsoverschot 1992 (kg·ha<sup>-1</sup>)
- geen onderzoeksgebied



189F13 / rapport 356










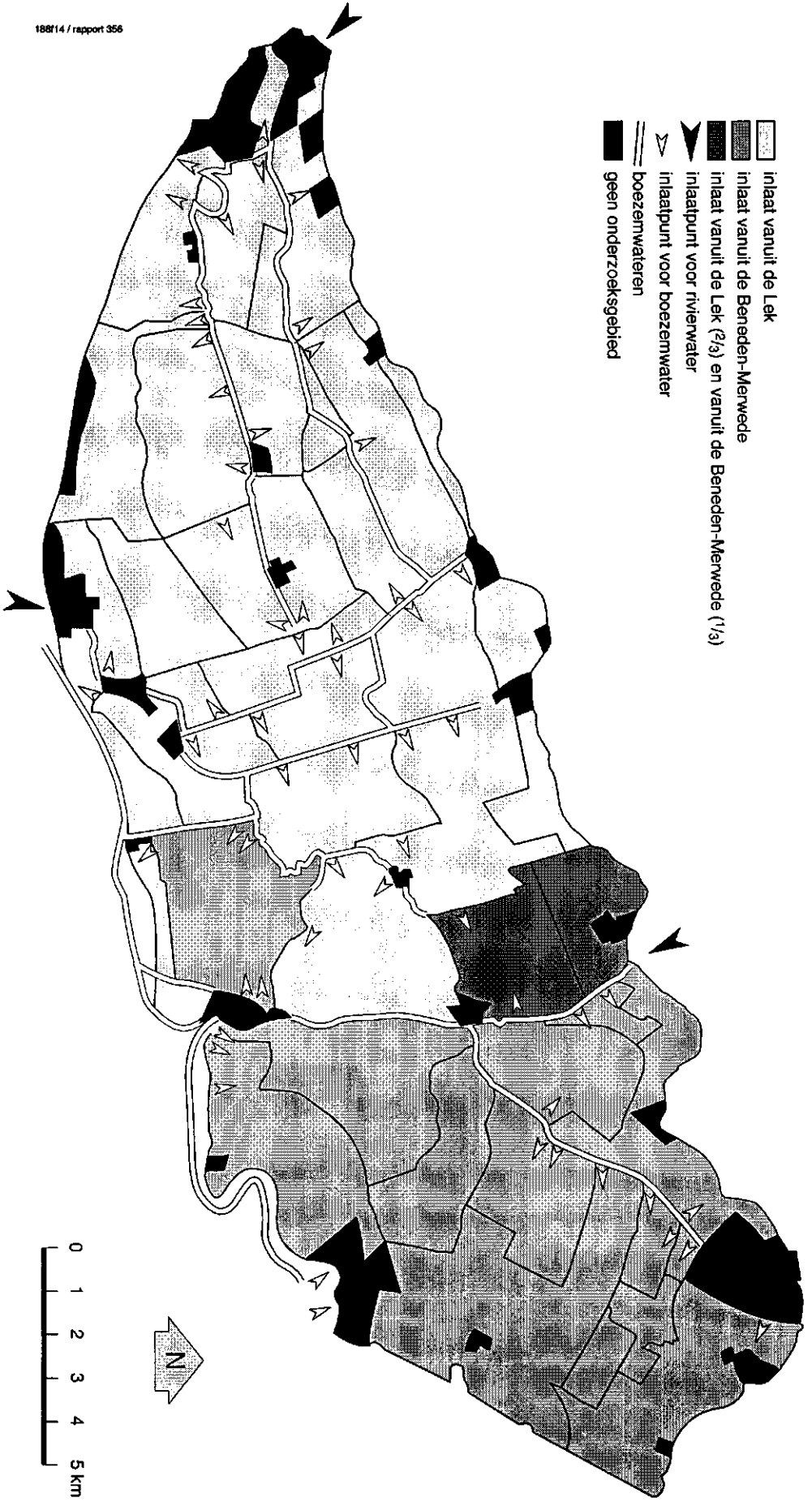
BIBLIOTHEEK  
STADSGEBIED



MM 31127, 356  
Sf. W. 9500125

Bijlage 14 De verdeling van inlaatwater uit de rivieren de Lek en de Beneden-Merwede  
over de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

-  inlaat vanuit de Lek
-  inlaat vanuit de Beneden-Merwede
-  inlaat vanuit de Lek (2/3) en vanuit de Beneden-Merwede (1/3)
-  inlaatpunt voor rivierwater
-  inlaatpunt voor boezemwater
-  boezemwateren
-  geen onderzoeksgebied



18814 / rapport 356



BIBLIOTHEEK  
STAPINGSGEBOUW



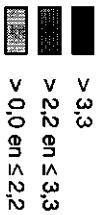
NM 31127.356

St. Wg500126

### Bijlage 15 Gemiddelde stikstofconcentratie in de boezemwateren en het polderwater (hoofdwatergangen en sloten) voor de zomer van 1993 en het gehele jaar 1993 per deelgebied en de lokaties van de awzi's die lozen op polderwater in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden



Stikstofconcentratie zomer 1993 (polderwater) ( $\text{mg.l}^{-1}$ )



3.2 stikstofconcentratie zomer 1993 ( $\text{mg.l}^{-1}$ )

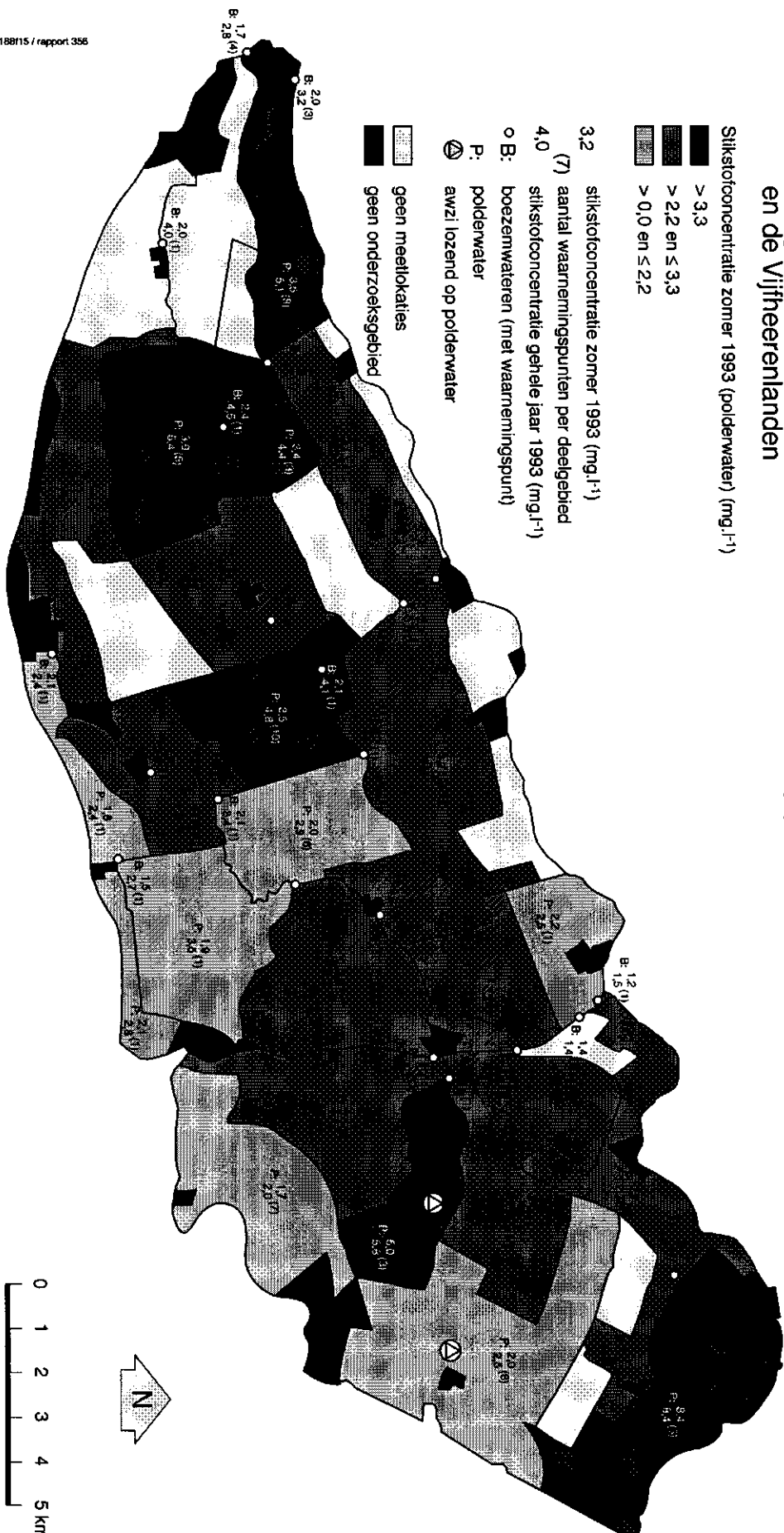
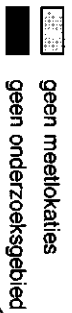
(7) aantal waarnemingspunten per deelgebied

4.0 stikstofconcentratie gehele jaar 1993 ( $\text{mg.l}^{-1}$ )

o B: boezemwateren (met waarnemingspunt)

P: polderwater

awzi lozend op polderwater



18B115 / rapport 356

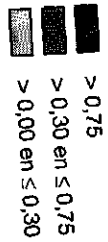
NM 31127,556

sf. W0500127

Bijlage 16

Gemiddelde fosforconcentratie in de boezemwateren en het polderwater (hoofdwatertangen en sloten) voor de zomer van 1993 en het gehele jaar 1993 per deelgebied en de lokaties van de awzis die lozen op polderwater in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

Fosforconcentratie zomer 1993 (polderwater) (mg.l<sup>-1</sup>)



0,17 fosforconcentratie zomer 1993 (mg.l<sup>-1</sup>)

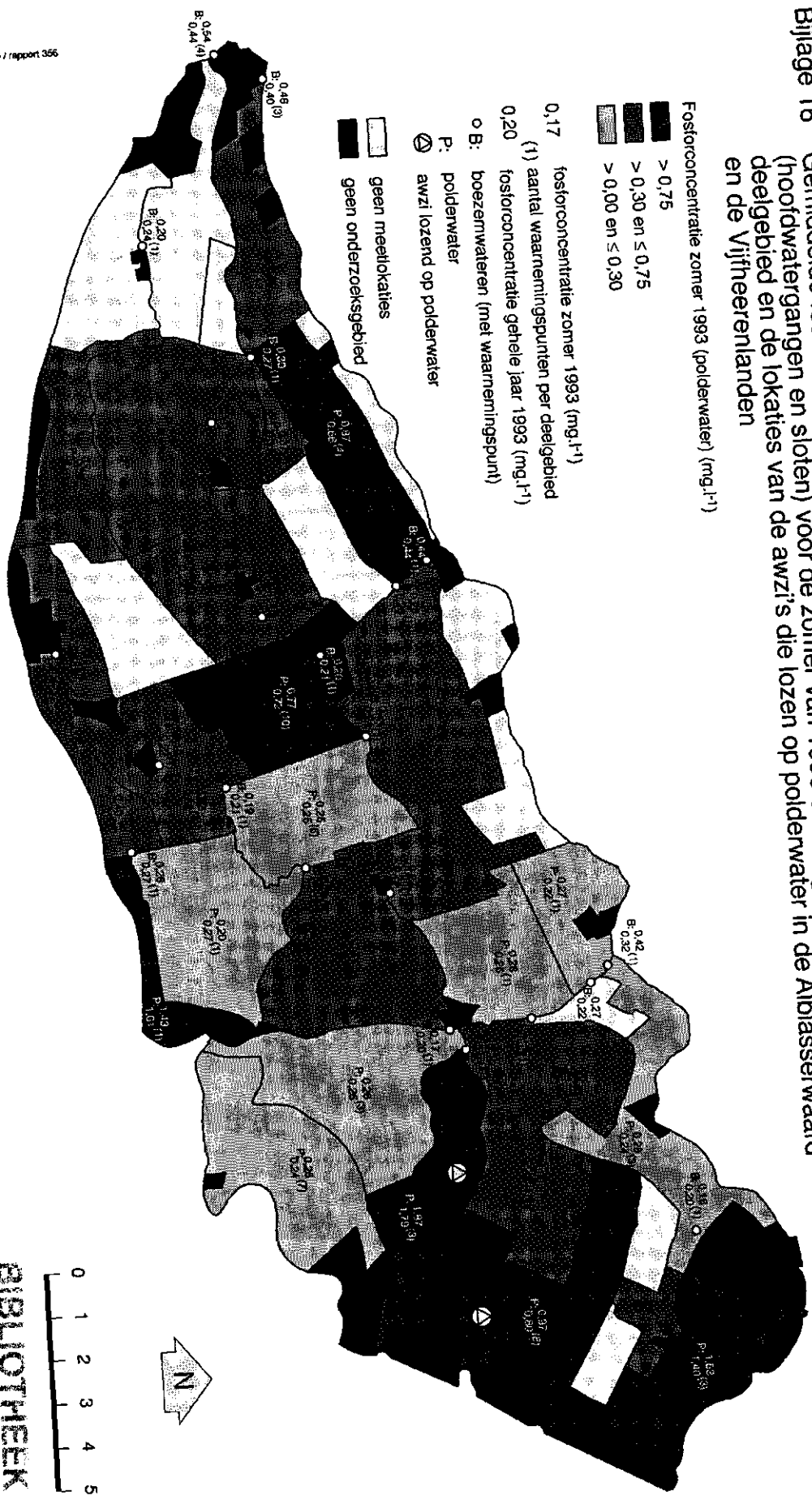
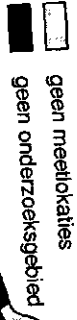
(1) aantal waarnemingspunten per deelgebied

0,20 fosforconcentratie gehele jaar 1993 (mg.l<sup>-1</sup>)

o B: boezemwateren (met waarnemingspunt)

P: polderwater

⊙ awzi lozend op polderwater



18816 / rapport 356

BIBLIOTHEEK  
OF AANVOEGINGEN








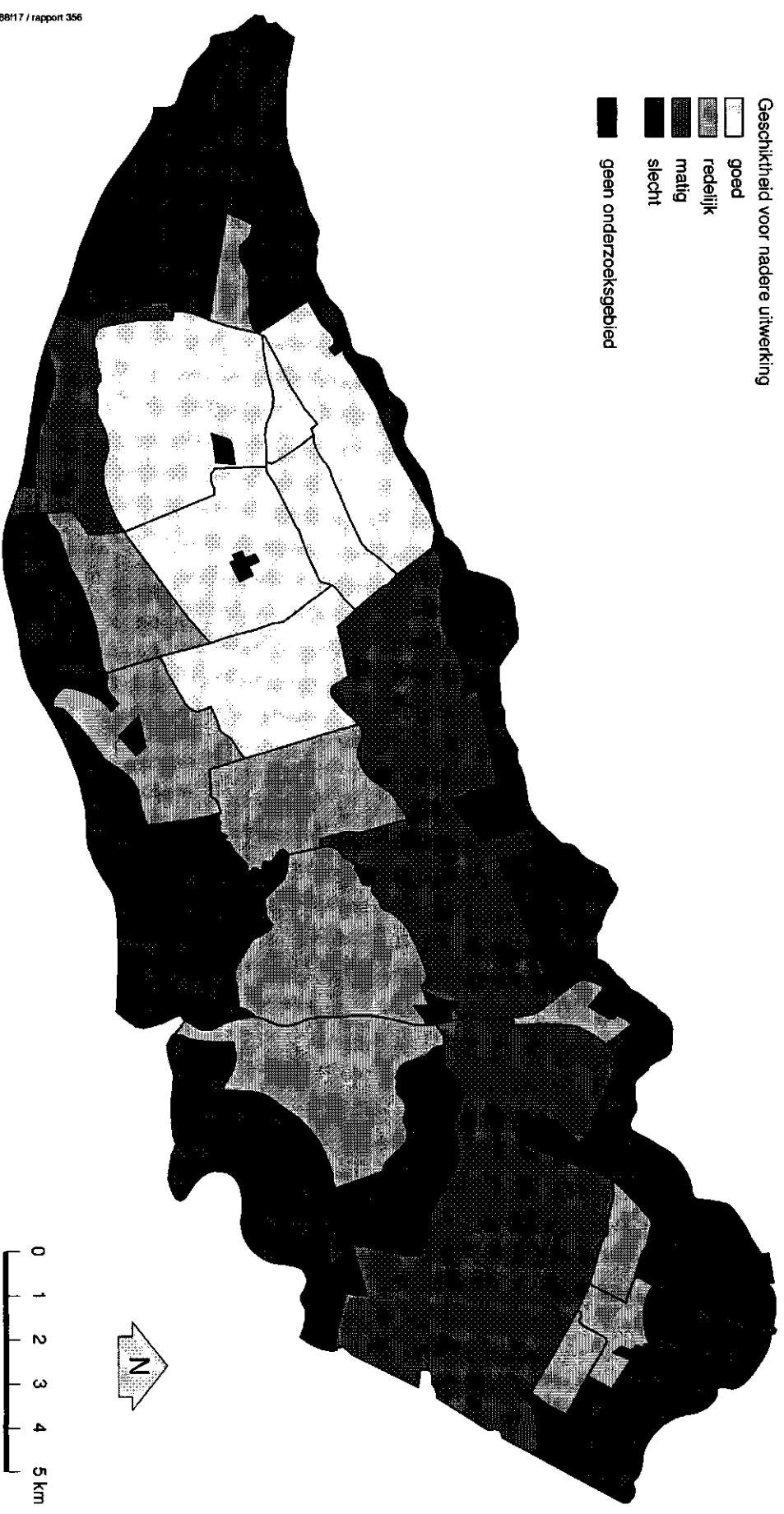
NN 31127.356

St. Wg500128

Bijlage 17 Geschiktheid deelgebieden in de Allasserwaard en de Vijfheerenlanden voor nadere uitwerking

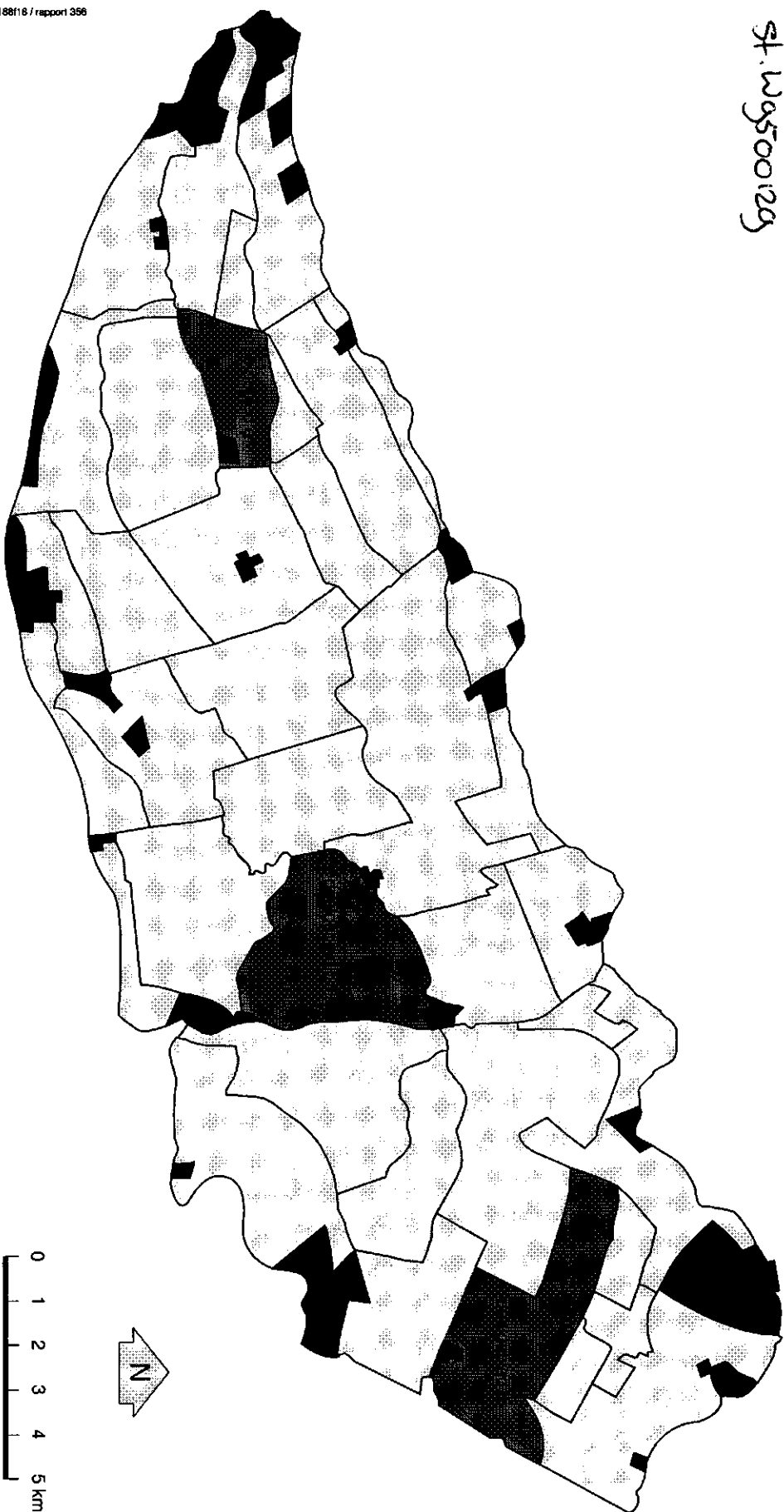


- Geschiktheid voor nadere uitwerking
-  goed
  -  redelijk
  -  matig
  -  slecht
  -  geen onderzoeksgebied



18817 / rapport 356

St. W9500129



188f18 / rapport 356

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**