



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden

Een scenariostudie in een gebied met klei-op-veen rond Linschoten

P.C. Jansen
E.P. Querner
C. Kwakernaak



Alterra-rapport 1666, ISSN 1566-7197



leven met water



Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden

Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden

Een scenariostudie in een gebied met klei-op-veen rond Linschoten

P. C. Jansen

E.P. Querner

C. Kwakernaak

Alterra-rapport 1666

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Jansen, P.C., E.P. Querner en C. Kwakernaak, 2008. *Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden; Een strategiestudie in een gebied met klei-op-veen rond Linschoten*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1666. 75 blz.; 32 fig.; 12 tab.; 28 ref.; 2 bijl.

Door ontwatering van veen treedt oxidatie op waardoor de maaiveldhoogte in veenweidegebieden daalt. Om voldoende drooglegging voor landbouw te realiseren worden de slootpeilen na verloop van tijd aangepast. Op den duur zal het veen verdwijnen, tenzij de huidige wijze van drooglegging wordt aangepast. In het project 'Waarheen met het veen?' is in het gebied rond Zegveld onderzoek gedaan naar de effectiviteit van diverse peilstrategieën om bodemdaling tegen te gaan, waarbij ook de toepassing van onderwaterdrains en de gevolgen van klimaatverandering zijn betrokken (Jansen et al., 2007). In deze tweede scenariostudie zijn in een gebied rond Linschoten vergelijkbare peilstrategieën doorgerekend om effecten op de snelheid van maaiveldddaling en de consequenties voor waterafvoer en –inlaat en waterkwaliteit te kwantificeren. In tegenstelling tot het gebied rond Zegveld is de veenbodem bij Linschoten bedekt met een kleilaag waardoor de effecten van peilstrategieën hier minder evident zijn. Met deze beide studies is inzicht opgebouwd over effecten van peilstrategieën in grote delen van het westelijk veenwiedegebied.

Trefwoorden: veen, veenoxidatie, maaiveldddaling, peilstrategie, onderwaterdrains, veenweide, klimaat, klei-op-veen, Groene hart

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2008 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

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

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

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

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Probleemstelling en doelstelling van het onderzoek	13
1.3 Opzet van het onderzoek	14
1.4 Leeswijzer	15
2 Beschrijving van het onderzoeksgebied	17
2.1 Ligging	17
2.2 Geologie en geohydrologie	18
2.3 Ontwikkeling van bodem en landschap	19
2.4 Waterhuishouding	22
3 Werkwijze	25
3.1 Schematisatie van SIMGRO	25
3.1.1 Ruimtelijke discretisatie	25
3.1.2 De ondergrond	26
3.1.3 Het oppervlaktewatersysteem	27
3.1.4 De onverzadigde zone	29
3.1.5 Landgebruik	30
3.1.6 Neerslag en verdamping	31
3.1.7 Drinkwaterwinning en berekening	32
3.1.8 Randvoorwaarden modelrand	32
3.2 Het referentiemodel SIMGRO	33
3.2.1 Diep grondwater	33
3.2.2 Kwel en wegzijging	34
3.2.3 Freatisch grondwater	36
3.2.4 Afvoer en aanvoer	38
3.2.5 Discussie	40
3.3 Daling van het maaiveld	40
3.4 Waterverdeling	41
3.5 Nutriënten	42
3.6 Geschiktheid voor natuur	44
3.7 Geschiktheid voor landbouw	46
3.8 Uitgevoerde analyses	46
3.8.1 Waterpeilstrategieën	46
3.8.2 Klimaatscenario's	49
4 Resultaten modelanalyses	51
4.1 Diep grondwater en kwel	51
4.2 Freatisch grondwater en maaiveld daling	51

4.3	Wateraanvoer en waterafvoer	56
4.4	Waternverdeling	58
4.5	Nutriënten	60
4.6	Geschiktheid voor natuur	61
4.7	Geschiktheid voor landbouw	63
4.8	Gevolgen van klimaatverandering	63
5	Conclusies	67
	Literatuur	69
Bijlage 1	Maaiveldddaling in Zegveld	73
Bijlage 2	Gemiddelde afvoer per jaar en aanvoer in het zomerhalfjaar (in mm) in 3 opeenvolgende periodes van 15 jaar. Het eerste getal betreft de hele afwateringseenheid, het tweede alleen peilvakken met veen in de ondergrond	75

Woord vooraf

In 2004 diende een breed samengesteld consortium van partijen uit onderzoek, beleid en beheer een projectvoorstel in bij het Bsik programma 'Leven met Water', getiteld "Waarheen met het Veen?". Dit initiatief kwam voort uit de zorg over een duurzaam voortbestaan van het typisch Hollands cultuurlandschap van de veenweiden met zijn kenmerkende natuur van weidevogels, plassen en moerassen.

Het waterpeilbeheer in het veenweidegebied heeft een grote invloed op de snelheid van bodemdaling, de toekomst van de landbouw, de perspectieven voor natuur en de uitstoot van broeikasgassen door oxidatie van het veen. Daarom staan keuzen in waterpeilbeheer centraal in het project "Waarheen met het Veen?".

In 2007 is gerapporteerd over de resultaten van hydrologische modelberekeningen voor een poldergebied bij Zegveld (Jansen et al., 2007). Gekeken is naar gevolgen van peilverhoging en vergroting van peilvakken, conform het principe 'Functie volgt peil', en naar gevolgen van beëindiging van de inlaat van boezemwater. Hierbij zijn de gevolgen berekend voor de grondwaterstand en de bodemdaling, de afhankelijkheid van het boezemstelsel, de waterkwaliteit, de landbouw en de natuur. Ook klimaatverandering is in de analyse meegenomen. In het rapport dat nu voor u ligt, staan de resultaten van een vergelijkbare studie die in een ander gedeelte van de westelijke veenweiden heeft plaatsgevonden. Daar bedekt een kleilaag het veen. De aanwezigheid van een kleidek schermt het onderliggende veenpakket voor een belangrijk deel af tegen veenoxidatie. In grote delen van het veenweidegebied komt een dergelijke kleilaag voor.

Naast hydrologisch modelonderzoek vindt in het project "Waarheen met het Veen?" ook veldexperimenteel onderzoek plaats naar de werking van zogenaamde onderwaterdrains als middel om de bodemdaling te beperken en tegelijk de mogelijkheden voor de rundveehouderij te verbeteren. In een ander deelonderzoek worden kansen en knelpunten voor natuurontwikkeling bestudeerd die ontstaan bij vernatting van veenweidegebieden. Ook vindt bestuurskundig onderzoek plaats naar mogelijkheden voor 'adaptief management' als strategie om te komen tot duurzame ontwikkeling in veenweidegebieden. Tenslotte wordt een kennisstelsel ontwikkeld waarmee de ontwikkelde kennis goed toepasbaar wordt gemaakt in planprocessen en beleidsontwikkeling voor de veenweiden, waarin verschillende partijen participeren.

"Waarheen met het Veen?" is een onderzoeksproject van Alterra, Centrum Landbouw en Milieu, LEI, Milieu- en Natuur Planbureau, Royal Haskoning, Rijkswaterstaat, Universiteit Utrecht en Vrije Universiteit / Instituut voor Milieuvraagstukken. Alterra fungeert als trekker van het project.

Leden van het consortium van het project zijn verder de ministeries van LNV, V&W en VROM, de provincies Utrecht, Zuid- en Noord-Holland, waterschappen binnen deze provincies, Vereniging Natuurmonumenten, LTO Noord en Dienst Landelijk Gebied.

Samenvatting

Als onderdeel van het project ‘Waarheen met het veen?’ zijn twee strategiestudies uitgevoerd. Bij beide studies is gebruik gemaakt van een hydrologisch model om de effecten van verschillende peilstrategieën op maaiveldddaling, geschiktheid voor landbouw en natuur, waterinlaatbehoefte en de waterkwaliteit te onderzoeken. De eerste studie heeft plaatsgevonden rond Zegveld en is in 2007 afgerond (Jansen et al., 2007). Dit rapport gaat over de tweede studie die is uitgevoerd voor een gebied bij Linschoten. De opzet van beide studies zijn identiek, maar in tegenstelling tot het gebied bij Zegveld is de veengrond bij Linschoten bedekt met een kleilaag. De effecten van peilstrategieën zijn er wezenlijk anders dan in het veengebied rond Zegveld. Beide studies dienen als pilot om kennis en modellen over verschillende aspecten van het veenweidelandschap op gestructureerde wijze bijeen te brengen, waardoor plan- en besluitvorming over het westelijk veenweidegebied mogelijk wordt op basis van integrale afwegingen. Het doel van het onderzoek is om inzicht te verschaffen in consequenties van mogelijke waterbeheersmaatregelen waarmee dit karakteristieke Hollandse landschap zo lang mogelijk behouden kan blijven.

Het tweede onderzoeksgebied ligt bij Linschoten. Aan de rand van het gebied liggen de plaatsen Woerden, Montfoort en Oudewater. Het bestaat uit vier polders van waaruit overtollig water via een gemaal op de omringende boezemwateren wordt geloosd. Binnen iedere eenheid liggen meerdere peilvakken en verschillende kleine onderbemalingen. De huidige situatie is met het hydrologisch model SIMGRO als referentie gemodelleerd. SIMGRO is een geïntegreerd model voor grond-, bodem- en oppervlaktewater dat op regionale schaal effecten van waterhuishoudkundige maatregelen kwantificeert. Het model is aangepast om rekening te kunnen houden met het dalende maaiveld in het veengebied. Daarvoor is gebruik gemaakt van lange meetreeksen van grondwaterstanden en maaiveldhoogte die op een proefboerderij bij Zegveld zijn verzameld.

Met het model is uitgegaan van de huidige situatie die tevens als referentie dient. Hiermee zijn vier verschillende peilstrategieën doorgerekend en twee klimaatscenario's die door het KNMI voor het jaar 2050 zijn vastgesteld. Iedere berekening beslaat een periode van 45 jaar. Voor de peilstrategieën zijn zoveel mogelijk lokale weergegevens gebruikt van 1950-1995. Voor de klimaatscenario's zijn weergegevens gebruikt van De Bilt. De resultaten zijn telkens per periode van 15 jaar gepresenteerd.

De peilstrategieën zijn gericht op verhoging van de grondwaterstand om zo de maaiveldddaling tegen te gaan. In de meeste strategieën is uitgegaan van een waterregime met zomer- en winterpeilen van respectievelijk 30 en 40 cm beneden maaiveld. Bij de toegepaste drooglegging kan de landbouw nog functioneren, maar omdat het maaiveld binnen een peilvak nooit vlak is, komen er delen voor die droger en natter zijn.

In de referentiesituatie heeft vrijwel het hele gebied een drooglegging van 30 cm of meer. Dat neemt door de langzame maaiveldddaling in de loop van de tijd slechts langzaam af.

Strategie 1 gaat uit van de huidige indeling in 4 afwateringseenheden waarbinnen meerdere peilvakken en onderbemalingen liggen die allemaal het nieuwe peilregime (-30/-40 cm) krijgen. Hierdoor wordt het in alle landbouwpercelen natter dan in de referentiesituatie. In peilvakken met grotere verschillen in maaiveldhoogte komen al snel delen voor die te nat worden voor landbouw. Er is ruim 50 mm extra inlaatwater nodig om het slootpeil in de zomer in stand te houden. 's Winters neemt de afvoer met 25 mm af omdat de wegzijging wat groter wordt.

Strategie 2 combineert binnen elk van de 4 afwateringseenheden de peilvakken met veen in de ondergrond tot één peilvak, waarvoor het slootpeil wordt ingesteld op -30/-40 cm ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte. Het waterbeheer in de hoger gelegen kleigronen is niet gewijzigd.

De peilvakken en de hoogteverschillen binnen een peilvak zijn wat groter dan volgens strategie 1. Daardoor komen er meer (en andere) plekken voor die wat natter of juist wat droger zijn dan met strategie 1, maar in absolute zin zijn de verschillen klein. Wat betreft de wateraan- en afvoer zijn er nauwelijks verschillen.

Strategie 3 is gelijk aan strategie 2, maar op geschikte plekken zijn onderwaterdrains in het model opgenomen. Onderwaterdrains liggen beneden het slootpeil en zorgen dat de grondwaterstand in de zomer minder uitzakt (minder maaiveldddaling) en in de winter minder opbolt (beter berijdbaar). Ten opzichte van strategie 2 (zonder drains) is de afvoer iets groter en is meer inlaatwater nodig. Voor de delen met drains bedraagt de toename 23%.

Strategie 4 gaat uit van strategie 2, maar zonder inlaat van gebiedsvreemd water om de drooglegging op peil te houden. In de winter wordt een buffervoorraad water opgebouwd door het winterpeil van -40 cm met 30 cm te verhogen tot -10 cm. Daardoor neemt de afvoer in wegzijgingsgebieden met de helft af en in kwelgebieden met een derde. De opgebouwde buffervoorraad is echter niet toereikend om het waterpeil in de zomer op het gewenste hoge niveau te houden.

De maaiveldddaling in klei-op-veengebieden hangt nauw samen met de diepte van de grondwaterstand, de dikte van de kleilaag, en, bij de klimaatscenario's, de temperatuurstoename. De maaiveldddaling bedraagt door de aanwezigheid van de kleilaag ongeveer de helft ten opzichte van de daling in veengebieden zonder kleidek. al gauw half zo groot als wanneer de kleilaag ontbreekt. Door het opzetten van het peil in de strategieën 1, 2 en 3 daalt het grondwaterniveau veel minder vaak tot in het veen waardoor er nauwelijks maaiveldddaling optreedt. Alleen als er geen water wordt ingelaten (strategie 4) daalt het waterpeil nog wel ruimschoots tot in de veenondergrond.

Voor de waterkwaliteit zijn de inlaat van gebiedsvreemd water en de interne belasting van belang. Onder interne belasting vallen bemesting, atmosferische depositie, oxidatie (mineralisatie) van veen en uitloging. Bij de waterinlaat speelt de verdeling van de inlaatpunten en de watervraag een belangrijke rol. In dit gebied kan in een langdurig droge periode normaliter overal gebiedsvreemd water worden aangetroffen. In wegzijgingsgebieden is voor peilhandhaving meer water nodig dan in

kwelgebieden. Het opzetten van het peil en onderwaterdrainage zorgen voor extra waterbehoefte. Maximaal is in een gemiddeld jaar 60 millimeter meer nodig. Door de maaivelddaling neemt de watervraag in de loop der tijd langzaam toe.

De interne belasting van het oppervlaktewater door bemesting van landbouwgebieden neemt normaliter toe als het natter wordt. De toepassing van onderwaterdrains kan dit effect versterken. Uit praktijkgericht onderzoek dat momenteel wordt uitgevoerd lijkt dat niet het geval te zijn als draindiepte en drooglegging optimaal zijn. Onder natte omstandigheden neemt de mineralisatie af waardoor minder stikstof vrij komt. Daardoor neemt ook de N-uitspoeling licht af. Fosfor komt onder drogere omstandigheden in grotere hoeveelheden in oplossing. Naarmate delen van gebieden te nat worden voor landbouwkundig gebruik zal er ook niet meer worden bemest. De uiteindelijke oppervlaktewaterbelasting met N en P bij de verschillende peilstrategieën zal voor een belangrijk deel afhankelijk zijn van de intensiteit van het toekomstig grondgebruik en is daarom moeilijk te voorspellen.

Als het gebied natter wordt zal de geschiktheid voor landbouw afnemen, maar nemen de kansen voor natte natuur toe. Door de aanwezigheid van het kleidek zijn de veengebieden in het onderzoeksgebied niet geschikt voor natuurdoeltypen als veenmosrietland die specifiek op veengronden voorkomen. Voor een 'rijker' natuurdoeltype als 'moeras' is het gebied bij vernatting wel geschikt. In de referentiesituatie (strategie 0) is het hele onderzoeksgebied daar nog te droog voor, maar door het verhogen van het peil in de strategieën 1 en 2 worden de laagste delen wel voldoende nat voor moeras. Omdat de maaivelddaling gering is, neemt het areaal dat geschikt is voor moeras maar langzaam toe. Onderwaterdrainage (strategie 3) heeft nauwelijks invloed omdat deze op de relatief drogere plekken liggen. Als er geen water wordt ingelaten (strategie 4) wordt het in de winter weliswaar natter, maar daalt de grondwaterstand in de zomer op veel plaatsen te diep weg voor moeras.

De geschiktheid voor landbouw is gerelateerd aan de verhouding tussen het areaal waarvan de drooglegging groter en kleiner is dan 30 cm. Bij een verhouding groter dan 1 (meer droge dan natte gronden) zijn er nog mogelijkheden voor veeteelt. Om praktische redenen is de analyse niet gemaakt op bedrijfsniveau, maar voor het hele gebied. Het opzetten van het peil in de strategieën 1, 2 en 3 heeft direct een scherpe afname van het areaal droge gronden tot gevolg, maar de verhouding droog : nat blijft nog wel groter dan 1. Na ongeveer 15 jaar overheersen de natte gronden wanneer het slootpeil niet wordt aangepast aan het gedaalde maaiveld. Bij strategie 4 valt 85% van het gebied in de categorie natte gronden vanwege het hoog opgezette winterpeil.

Er is ook onderzocht wat het effect van klimaatverandering is op de waterhuishouding en de maaivelddaling. De berekeningen zijn gedaan voor de referentiesituatie. Uit de verschillende klimaatscenario's voor 2050 verandert scenario 'gematigd' (G) het minst ten opzichte van de huidige klimaattoestand; de temperatuur stijgt met 0,9°C en de wat grotere hoeveelheid neerslag die 's zomers valt, compenseert de toegenomen verdamping. Daardoor zijn de gevolgen voor water en bodem klein. De maaivelddaling is 13% groter dan in de referentiesituatie, hoofdzakelijk als gevolg van de hogere temperatuur. In het scenario 'warm' (W+) verandert het meest. 's Zomers neemt de hoeveelheid neerslag af met 19%, neemt de

verdamping toe met 15% en stijgt de temperatuur 2,8°C. Dit heeft tot gevolg dat er 's zomers ruim 10% meer inlaatwater nodig is. De grondwaterstand zakt desondanks dieper weg. De diepere grondwaterstand en de temperatuurstijging zijn ieder voor de helft verantwoordelijk voor toename van de maaiveldddaling met 35% ten opzichte van de referentie.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De mens heeft het afgelopen millennium het karakteristieke westelijke veenweidegebied gemaakt tot wat het nu is: een weids landschap met groene weiden die verdeeld worden door brede sloten. Vanaf het moment dat de mens ingreep in de ontwatering is de veengroei omgeslagen in veenaafbraak waardoor de bodem is gaan dalen. Bij een drooglegging die door de huidige landbouw als optimaal wordt beschouwd kan het maaiveld met gemiddeld meer dan een centimeter per jaar dalen. En met meer warme zomers in het vooruitzicht als gevolg van klimaatverandering zal de daling nog verder toenemen. Het zal duidelijk zijn dat dit landschapstype dan binnen afzienbare tijd verdwijnt, tenzij er op korte termijn maatregelen worden genomen. Rijk, provincies en waterschappen, maar ook boeren en natuurbeheerders onderkennen het probleem. Samen met onderzoekers en gebruikers maken zij deel uit van het consortium “Waarheen met het Veen?”, dat als doel heeft de mogelijkheden voor het waterbeheer te onderzoeken op hun gevolgen voor behoud van de veenbodem, het landschap, het landgebruik, de milieukwaliteit en de natuur. Het eerste jaar heeft het onderzoek zich vooral in een poldergebied van circa 4500 ha rond Zegveld bij Woerden geconcentreerd. Hier vond experimenteel onderzoek plaats naar de effecten van onderwaterdrainage op de bodemdaling, de grondwaterstand, de waterkwaliteit en de grasgroei. Ook is daar aandacht besteed aan biologisch onderzoek naar de gevolgen van vernatting van voormalige landbouwgronden voor ecologisch herstel en ontwikkeling. Tevens zijn voor dat gebied hydrologische modellen toegepast en gekoppeld aan kennis en modellen over waterkwaliteit, bodemdaling, landbouw en natuur, om de effecten van verschillende hydrologische strategieën (peilstrategieën) door te kunnen rekenen (Jansen et al., 2007). In het rapport dat nu voor u ligt komen al deze aspecten nogmaals aan bod, maar dan voor een veengebied dat bedekt is met een kleilaag. Dergelijke klei-op-veengronden komen op grote schaal voor en vormen de overgangszone tussen (kleiloze) veengebieden en de kleigronden.

1.2 Probleemstelling en doelstelling van het onderzoek

Binnen “Waarheen met het Veen?” staat de vraag centraal of, en zo ja hoe, het mogelijk is om de bodemdaling in het westelijk veenweidegebied zoveel mogelijk te verminderen met behoud en versterking van de kernkwaliteiten van het gebied.

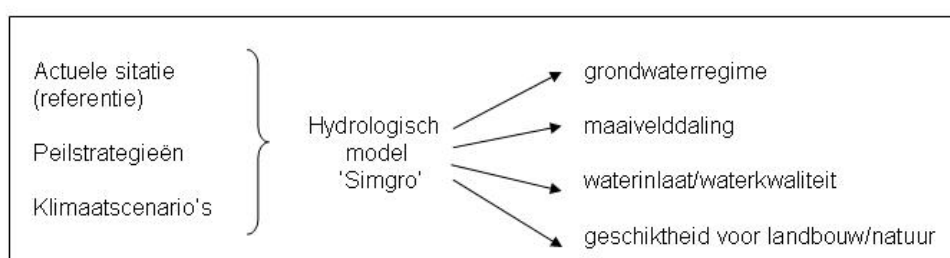
Doel van het project is om in getal en beeld inzichtelijk te maken welke maatregelen in het waterpeilbeheer getroffen zouden kunnen worden en welke gevolgen die zullen hebben voor de snelheid van bodemdaling, de afhankelijkheid van het boezemsysteem, de waterkwaliteit en de mogelijkheden voor natuur en landbouw. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de kwaliteit van en het draagvlak voor planvorming en beleidskeuzen over de toekomst van het veenweidegebied aanzienlijk

zal toenemen wanneer voor alle betrokkenen duidelijk is welke keuzemogelijkheden er zijn en wat de gevolgen daarvan zijn voor de kwaliteit van de leefomgeving van mens en natuur. Op dit moment zijn dit vragen die elk apart in theorie beantwoord kunnen worden, maar waarvoor onvoldoende kennis beschikbaar is om de consequenties te overzien als maatregelen op regionale schaal worden toegepast. De eerste strategiestudie in een veenweidegebied rond Zegveld heeft daar een bijdrage aan geleverd (Jansen et al., 2007). Gebieden die ook een substantiële oppervlakte innemen van het westelijke veenweidegebied zijn de gebieden met klei-op-veengronden. Die gebieden vragen om een ander waterpeilbeheer om maaiveldddaling het hoofd te bieden dan het eerdere voorbeeldgebied rond Zegveld waar geen klei voorkomt.

1.3 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek voor de tweede strategiestudie is uitgevoerd in het veenweidegebied rond Linschoten. Grote delen van dit voorbeeldgebied zijn kenmerkend voor de klei-op-veengronden die onderdeel uitmaken van de veenweidegebieden in West-Nederland.

De werkwijze in deze studie is vrijwel gelijk aan die voor de studie rond Zegveld (Jansen et al., 2007) om de uitkomsten onderling te kunnen vergelijken. Centraal in het onderzoek staat het hydrologische model SIMGRO (van Walsum et al., 2004). SIMGRO is een regionaal model dat voor zowel grond- als oppervlaktewater de toestand in de tijd beschrijft. Het model wordt gecalibreerd op de huidige waterhuishoudkundige situatie. Daarna wordt het model gebruikt om verschillende peilstrategieën en klimaatscenario's door te rekenen. Een complicerende factor waarmee rekening moet worden gehouden is de maaiveldddaling. Hiervoor is een aparte rekenmodule aan SIMGRO toegevoegd. Tot slot worden nog enkele berekeningen uitgevoerd om zicht te krijgen op de effecten van het veranderende klimaat.



Figuur 1-1 Overzicht van de werkwijze

In tijden van watertekort zal water in de polders moeten worden ingelaten om het gewenste slootpeil en grondwaterniveau te handhaven. Dit water is afkomstig uit de boezem. Dit gebiedsvreemde water is van invloed op de waterkwaliteit in het veengebied. Voor de kwaliteit van de waterafhankelijke natuur zou waterinlaat zo veel als mogelijk moeten worden beperkt.

Als peilbesluiten niet periodiek worden aangepast aan het dalende maaiveld of als andere peilstrategieën worden doorgevoerd zal dat directe gevolgen hebben voor de geschiktheid voor landbouw en natuur. De geschiktheid voor de natuur is getoetst met het natuurevaluatiemodel NATLES (Runhaar et al., 2003). Dit model gebruikt grondwaterstanden en kwelfluxen die met SIMGRO zijn berekend. De geschiktheidsberekeningen worden uitgevoerd voor een natuurdoeltype dat karakteristiek is voor natte klei-op-veengronden. Er wordt ook een beperkte analyse uitgevoerd naar de gevolgen van waterpeilstrategieën voor landbouw. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van criteria die voor een onderzoek naar effecten van vernatting voor melkveehouderijen in een veengebied zijn opgesteld (Hoving en de Vos, 2007).

In veenweidegebieden komen relatief hoge concentraties stikstof, fosfor en soms ook chloride (zout) voor. Het zoutgehalte is vooral een probleem in gebieden met veel zoute kwel of zout inlaatwater. In het gebied bij Linschoten is dat niet het geval. Daarom wordt voor het aspect 'waterkwaliteit' alleen naar stikstof en fosfor gekeken. Een belangrijke beperking hierbij is dat factoren als bemesting, processen in het oppervlaktewater en de kwaliteit van inlaatwater niet of niet goed bekend zijn. Om toch een goede vergelijking van waterkwaliteit tussen de strategieën te kunnen maken wordt de belasting van het oppervlaktewater berekend op basis van relaties die zijn afgeleid uit een studie van Hendriks et al. (2007, in prep.) tussen enerzijds de drooglegging en anderzijds bemesting, depositie en de bijdrage uit de bodem door veenafbraak en uitloging in veengronden.

1.4 Leeswijzer

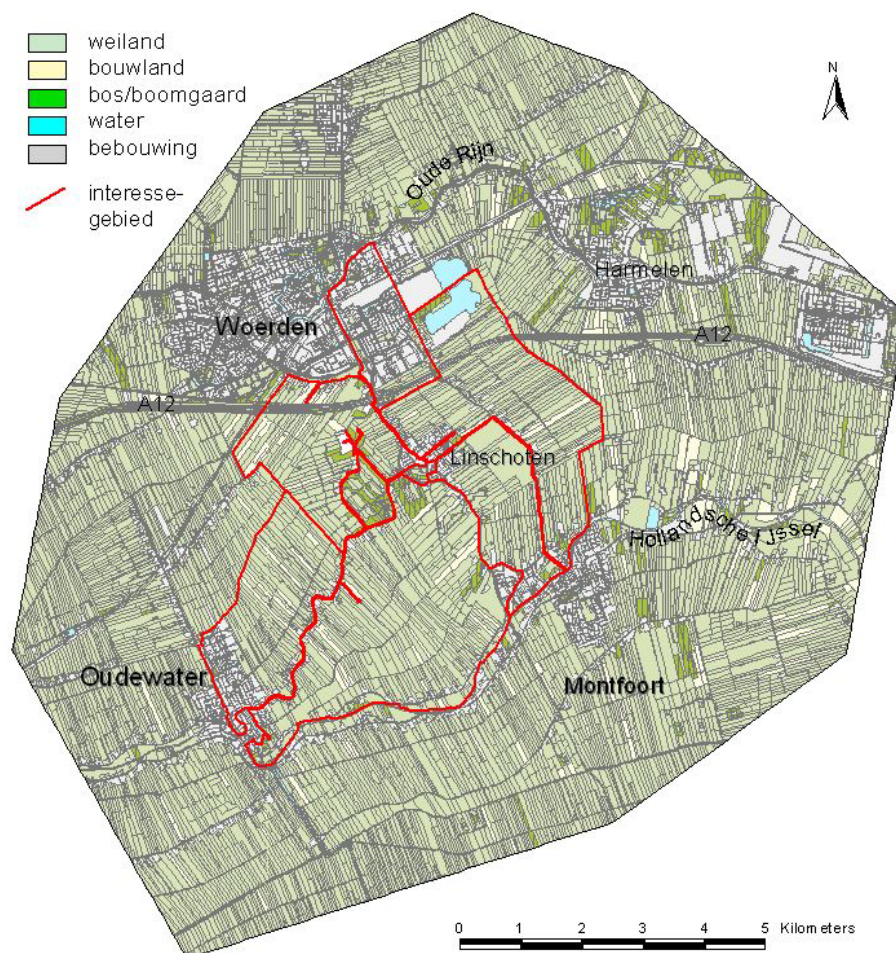
In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving van het proefgebied Linschoten gegeven. Er wordt ingegaan op de opbouw van het gebied en op de waterhuishouding. Bij de werkwijze in hoofdstuk 3 is een belangrijke plaats ingeruimd voor de schematisatie van het SIMGRO-model. Ook de wijze waarop de maaiveldddaling is berekend wordt in dit hoofdstuk besproken. Verder wordt het natuurevaluatiemodel NATLES toegelicht alsmede de relaties voor de belasting van het oppervlaktewater met N en P. Aan het eind van hoofdstuk 3 komen de strategieën met de verschillende peilen en de klimaatscenario's aan bod. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van alle peilstrategieën op alle aspecten apart en in hun onderlinge samenhang gegeven. Tot slot volgt hoofdstuk 5 met conclusies.

2 Beschrijving van het onderzoeksgebied

2.1 Ligging

Het onderzoeksgebied ligt ten zuiden van Woerden, op de grens van de provincies Utrecht en Zuid-Holland (figuur 2-1). Het gebied is opgesplitst in een interessegebied dat uit een aantal polders bestaat die rond de plaats Linschoten liggen en een brede randzone waarvan de invloed op de waterhuishouding in het interessegebied wordt meegenomen in de berekeningen. De oppervlakte van het interessegebied is 3170 ha., en dat van de randzone is ruim 12000 ha.

De belangrijkste wateren in het gebied zijn de Oude Rijn in het noorden, de Hollandsche IJssel in het zuiden en een aantal noord-zuid lopende zijtakken die beide waterlopen met elkaar verbinden. Tezamen vormen deze waterlopen het boezemstel waarop de polders in natte perioden het overtollige water uitslaan en waaruit in droge periode (suppletie-)water wordt ingelaten.



Figuur 2-1 Ligging van het onderzoeksgebied Linschoten

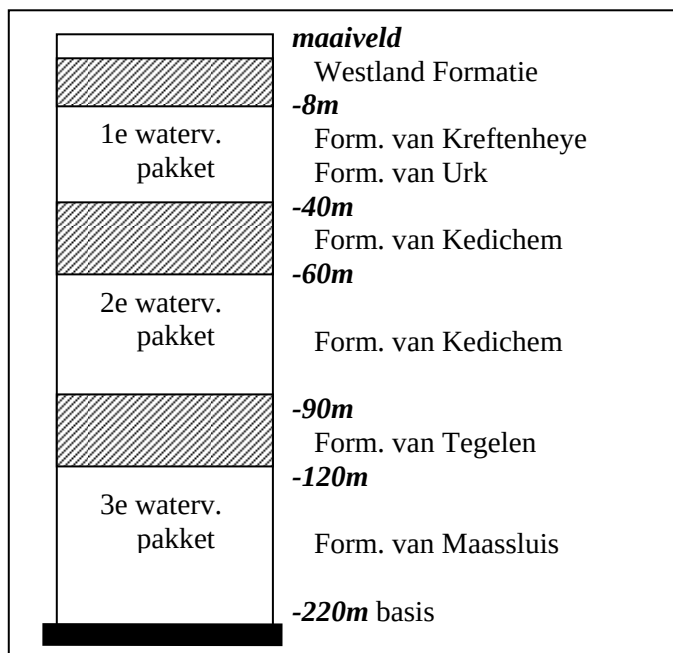
2.2 Geologie en geohydrologie

In figuur 2-2 staat een schematische weergave van de opbouw van de belangrijkste bodemlagen in het studiegebied. Voor de beschrijving is gebruik gemaakt van een aantal publicaties (Boswinkel en Cornelissen, 1980; Negeman et al., 1996 en Zagwijn en van Staalduinen, 1975).

De oudste afzettingen uit figuur 2-2 worden tot de Formatie van Maassluis gerekend. Deze dateren uit het vroeg Pleistoceen toen West-Nederland zeegebied was. De (marine) afzettingen, die voornamelijk uit zand bestonden, hebben een dikte van meer dan 100 m. Geohydrologisch gezien vormt de Formatie van Maassluis het 3^e watervoerende pakket.

In het laat Tiglien werd het kouder waarbij water werd vastgelegd in de vorm van ijs en sneeuw. Daardoor daalde de zeespiegel en werd het gebied onderdeel van de delta van Rijn, Maas en Elbe. In het studiegebied werden de mariene afzettingen bedekt door de overwegend kleiige afzettingen van de Rijn, die tot de Formatie van Tegelen worden gerekend. Deze laag, die een dikte heeft van ongeveer 30 m, vormt de scheiding tussen het 2^e en 3^e watervoerende pakket.

Tijdens de 2^e ijstijd van het Pleistoceen en de daarop volgende interglaciale periode, het Waalien, werd eerst overwegend grof zand afgezet en later meer fijn zand. Beide pakketten worden tot de Formatie van Kedichem gerekend. In geohydrologisch opzicht wordt hierin wel onderscheid gemaakt. Het grofzandige deel van deze Formatie vormt het 2^e watervoerende pakket, terwijl het fijnzandige gedeelte, een weerstandbiedende laag, de scheiding vormt met het 1^e watervoerende pakket. De dikte van de scheidende laag neemt toe van 20 m in het noorden tot 30 m in het zuiden.



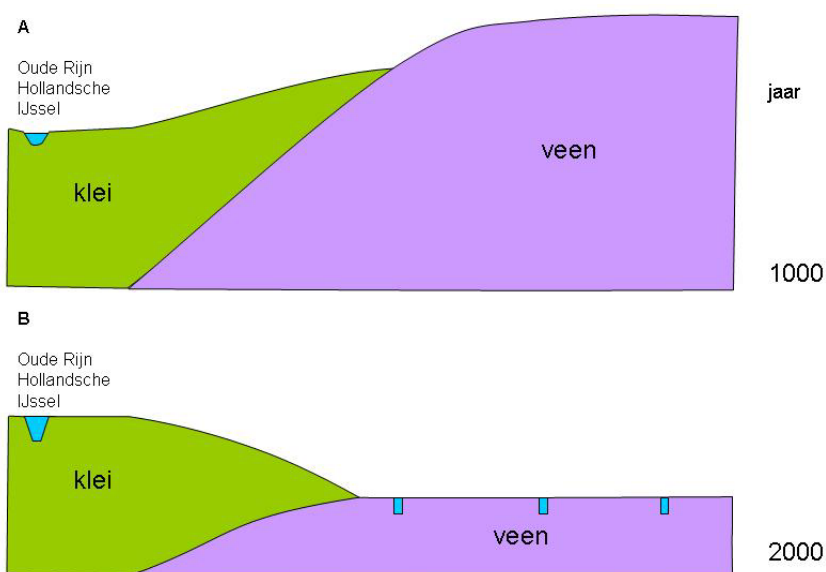
Figuur 2-2 Schematische opbouw van de (geo-)hydrologie in het modelgebied

De Rijn is ook verantwoordelijk voor de grofzandige afzettingen van de Formaties van Kreftenheye en Urk. Deze hebben plaatsgevonden in het laat Pleistoceen, van de derde ijstijd tot en met de vierde ijstijd. De Formaties van Kreftenheye en Urk vormen samen het 1^e watervoerende pakket. De dikte van dit pakket is gemiddeld ruim 30 m.

De jongste geologische periode, het Holocene, begint ca. 10 000 voor Chr. De zeespiegel lag aanvankelijk tientallen meters beneden NAP, maar rond 5 000 voor Chr. was die gestegen tot ongeveer 10 m – NAP. Langs de huidige kust was een strandwal ontstaan, met daarachter een waddengebied waar kleiig zand werd afgezet. In die tijd is in het oosten van het waddengebied veengroei op gang gekomen. Tegelijk met een verdere stijging van de zeespiegel breidde de veengroei zich in westelijke richting uit en bedekte uiteindelijk de hele zone tot de strandwal die inmiddels tot een duinenrij was uitgegroeid. Op dit (laag-)veen vormden zich later ook hoogveenkussens. Langs de toenmalige Rijn sedimenteerde klei (Formatie van Gorkum). De rest van het gebied, waar de hele holocene bovenlaag uit fijne slibhoudende zanden, klei en een (al dan niet afgegraven) afdekkend veenpakket bestaat, wordt tot de Formatie van Westland gerekend. Dit pakket reikt tot ongeveer 10 m – NAP.

2.3 Ontwikkeling van bodem en landschap

In de moerassige laagte tussen de Utrechtse Heuvelrug en de duinen is tijdens het Holocene op uitgebreide schaal veen gevormd, terwijl de Rijn via laagtes en erosiedalen in westelijke richting door het veengebied stroomde. Langs de rivieren is op uitgebreide schaal klei gesedimenteerd. Verder van de rivieren is minder of geen klei op de hogere veenpakketten afgezet (figuur 2-3a). De voormalige loop van de Rijn lag op de plek waar zich nu de Oude Rijn en Hollandse IJssel bevinden.

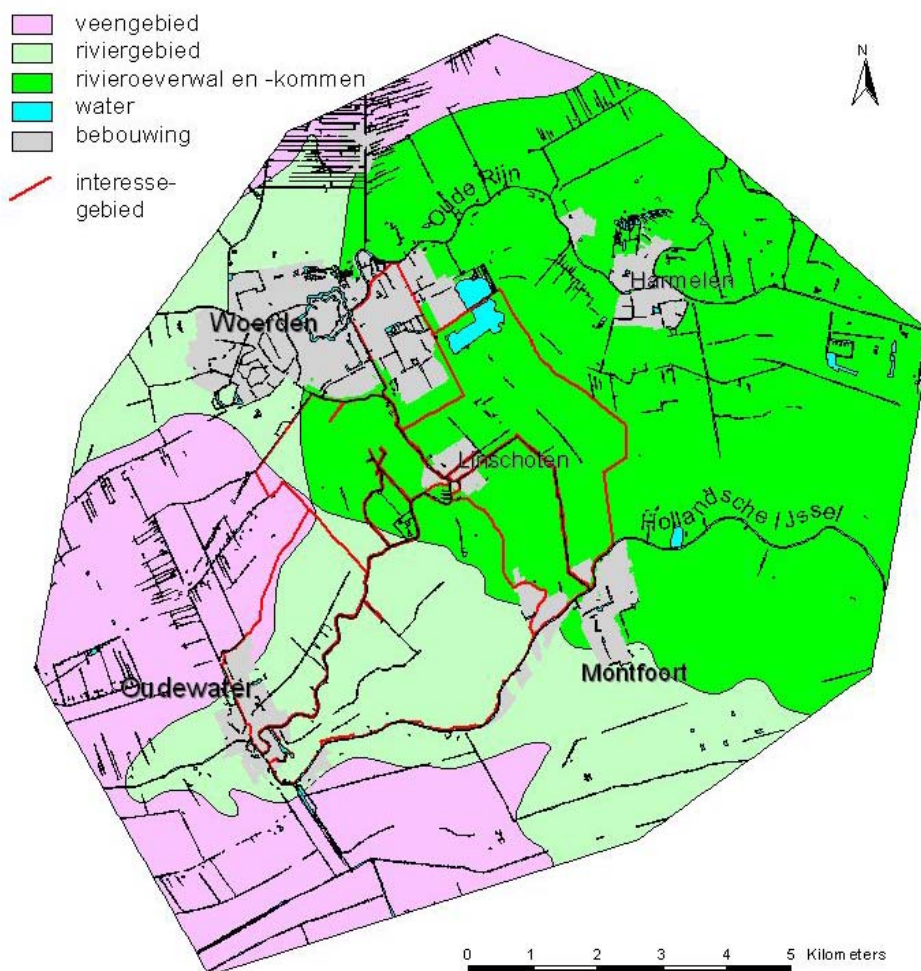


Figuur 2-3 Inversie van de maaiveldshoogte door inklinking van het veen

Rond het jaar 1000 begonnen de eerste ontginningen in het gebied en omdat het gebied bij hoge rivierstanden regelmatig overstroomde zijn in de 12^e eeuw de Oude Rijn, en later in de 13^e eeuw ook de Hollandsche IJssel afgedamd waardoor het water van de Rijn via de Lek en Merwede naar zee werd afgevoerd.

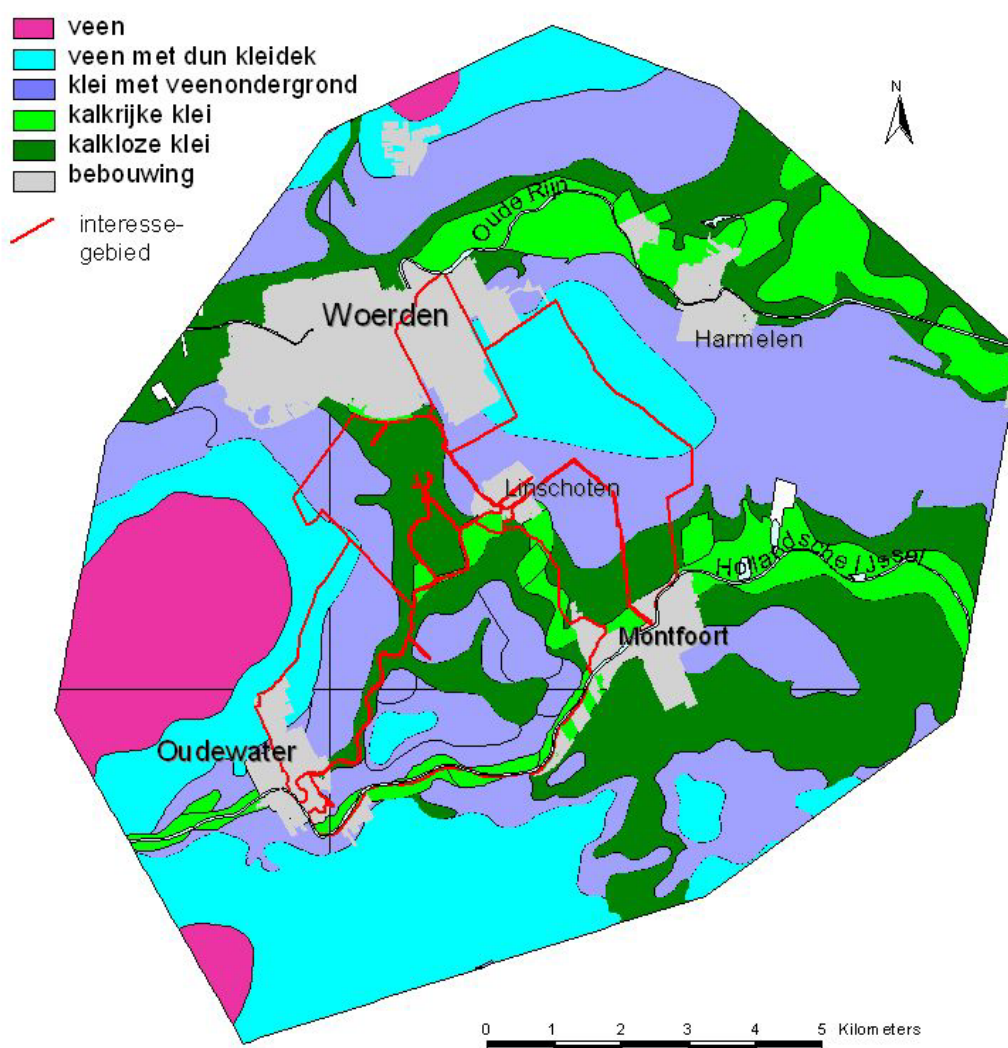
Aan het eind van de 15^e eeuw kwam met de komst van molens de polderontwikkeling op gang en elders zijn grote delen van het veengebied voor de turfwinning afgegraven (De Bont, 1991). In het studiegebied is door de aanwezigheid van een afdekkende kleilaag geen veen afgegraven, maar ten gevolge van de ontwatering is het veen wel ingeklonken, en dat proces gaat nog steeds door (figuur 2-3b).

Landschappelijk hoort het interessegebied tot het rivierengebied (figuur 2-4). In de noordoostelijke helft komen nog rivieroeverwallen en rivierkommen voor omdat de stroomsnelheid in de (Oude) Rijn daar nog voldoende groot voor was. Verder naar het westen was het verhang, en daarmee de dynamiek van de rivieren kleiner. Binnen het interessegebied komen geen veengebieden zonder kleidek voor. Deze komen wel voor in het noorden en zuidwesten van de randzone.



Figuur 2-4 Geomorfologische kaart van het studiegebied

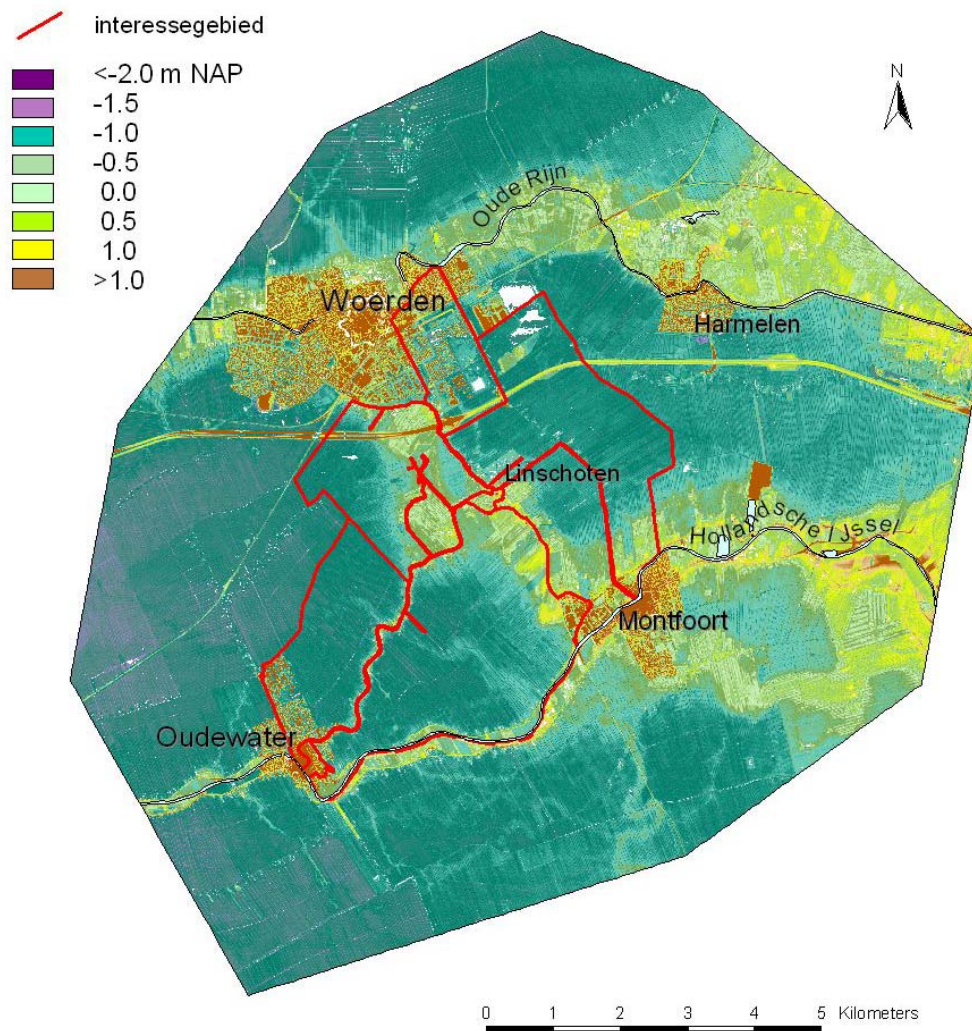
Figuur 2-5 is een vereenvoudigde weergave van de bodemkaart 1 : 50 000 (Stiboka, 1969 en 1970). De groengekleurde gronden op de kaart hebben een minimale kleidikte van 120 cm. De zwaarte van de klei varieert van zavel en lichte klei dat meestal op de oeverwallen wordt aangetroffen tot zware klei in de kommen. Langs de rivieren is de klei vaak nog kalkrijk. Verder van de rivieren is de klei kalkloos. Aangrenzend aan deze kleigronden ligt een brede strook kleigronden waar op een diepte tussen de 40 en 80 cm veen, of in ieder geval moerig materiaal voorkomt. Daar waar de kleilaag dunner is dan 40 (maar dikker dan 15 cm) spreken we van een veengrond. Op een paar plekken, die buiten het interessegebied liggen, is de kleilaag afwezig, of anders dunner dan 15 cm.



Figuur 2-5 Vereenvoudigde bodemkaart van het studiegebied

De gevoeligheid van de verschillende bodemtipes voor maaiveldddaling komt goed tot uiting in de hoogtekaart (figuur 2-6). De kleigronden zijn normaliter ongevoelig voor maaiveldddaling, tenzij er veel organische stof in aanwezig is. Bij de overige gronden neemt de gevoeligheid voor maaiveldddaling toe naarmate het kleidek dunner, en de grondwaterstand lager is. De kleigronden langs de Oude Rijn en de

Hollandsche IJssel liggen ruim boven NAP. Ook de kleirug op de lijn Woerden-Linschoten-Montfoort hebben een vergelijkbare hoogte. De laagste plekken binnen het interessegebied liggen tussen de -1.2 en -1.5 m NAP. De bebouwde kernen, de autosnelweg A12 en de spoorlijn zijn te herkennen aan een afwijkende hoogte.



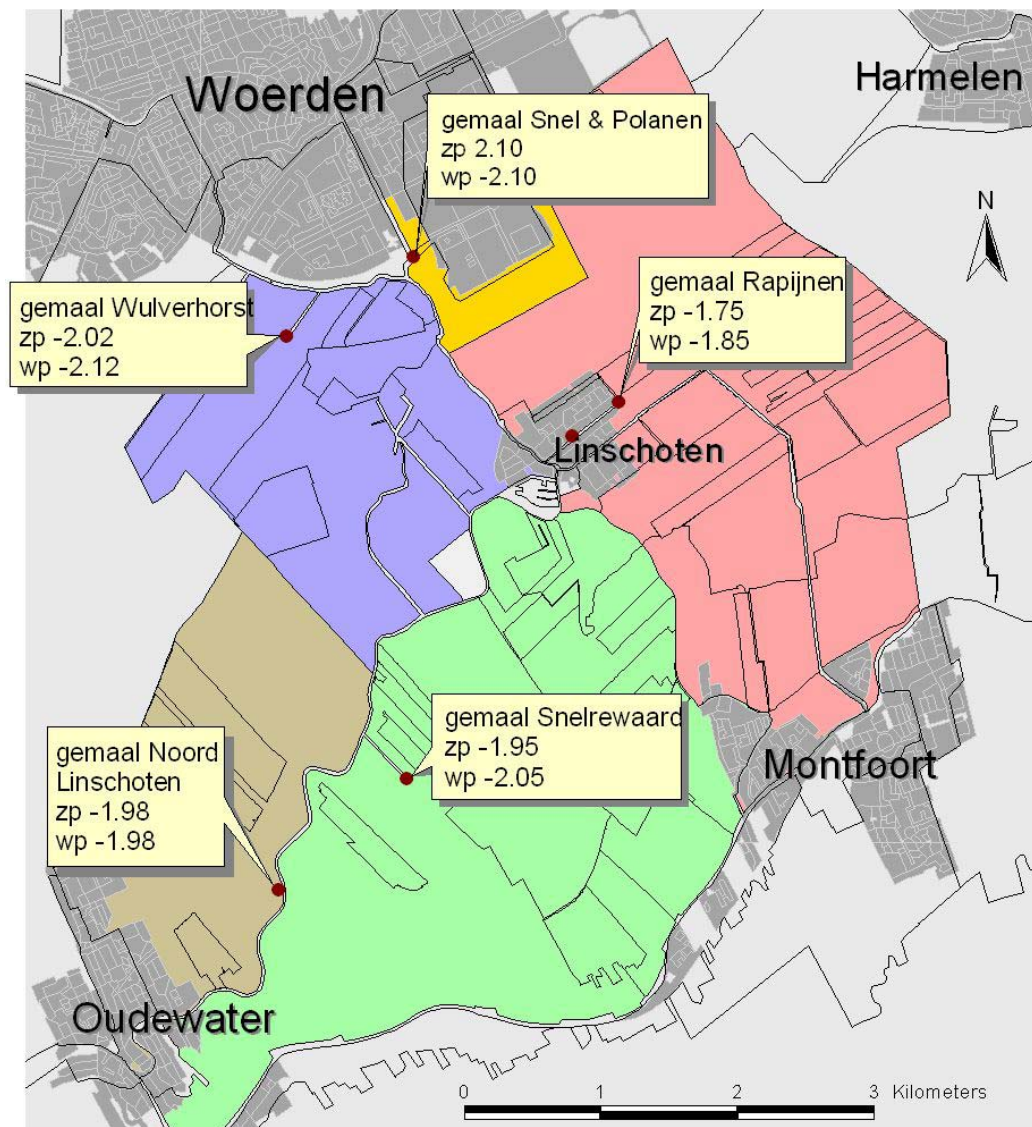
Figuur 2-6 Hoogtekaart van het studiegebied

2.4 Waterhuishouding

In figuur 2-7 staan de 5 grotere afwateringseenheden die binnen het interessegebied liggen, met daarbij de gemalen en de zomer- en winterpeilen die onder beheer van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden vallen. Binnen de afwateringseenheden liggen meerdere peilvakken die andere zomer- en winterpeilen hebben. De peilvakken die meer langs de hoger gelegen randen liggen hebben een hoger peil. Het hogere peil wordt door inlaat van boezemwater in stand gehouden. De kleinere peilvakken die in de lagere delen van de afwateringseenheden liggen hebben vaak een wat lager, maar soms ook een wat hoger peil om aan de individuele wensen van

boeren te voldoen. Het peilregime in deze peilvakken is daardoor niet goed bekend, maar normaliter wordt een peil nagestreefd dat 50 à 60 cm onder maaiveldniveau ligt. De peilen die in figuur 2-6 zijn aangegeven zijn afkomstig uit peilbesluiten van het begin van de 21^e eeuw.

Het peilbeheer binnen de polders wordt geregeld met kleinere gemalen en stuwen. De 5 afwateringseenheden slaan het overtollige water via gemalen uit op de boezemwateren die in open verbinding staan met de Oude Rijn. Via verschillende inlaatpunten kan ook water worden aangevoerd om het waterniveau in de waterlopen op peil te houden of om de poldersloten door te spoelen met boezemwater. Over de hoeveelheid water die wordt ingelaten is nagenoeg niets bekend.

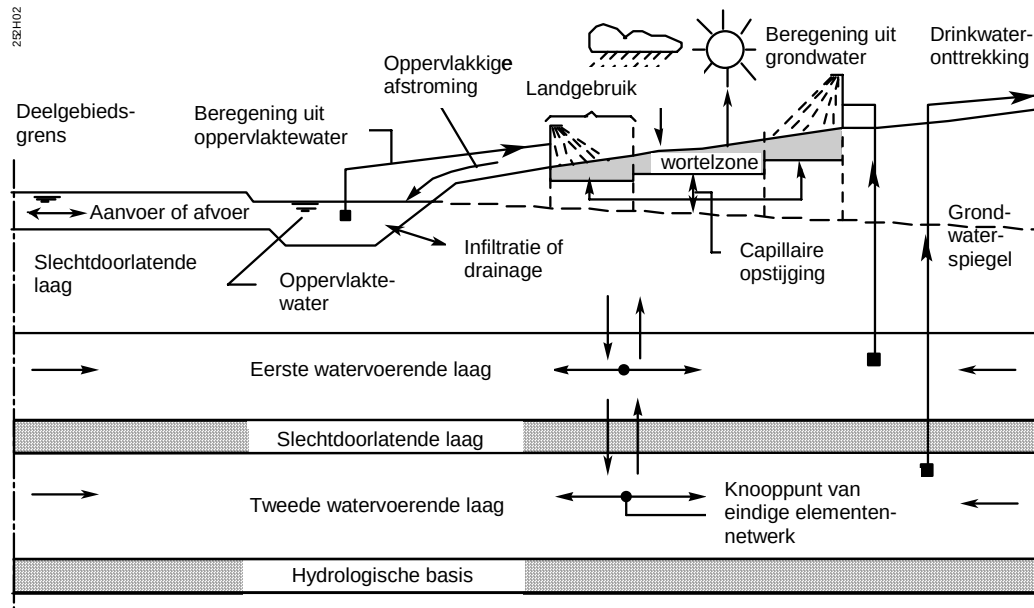


Figuur 2-7 Afwateringseenheden binnen het interessegebied met peilvakken en maalpeilen in m tov NAP

3 Werkwijze

3.1 Schematisatie van SIMGRO

Figuur 3-1 geeft een overzicht van de processen waarmee het model SIMGRO rekenening houdt. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste invoerparameters besproken. Voor een uitgebreide toelichting op het model zelf wordt verwezen naar van Walsum et al. (2004).



Figuur 3-1 Schematische weergave van het model SIMGRO

3.1.1 Ruimtelijke discretisatie

Het modelgebied heeft een ruime zone rond het interessegebied waarin eventuele fouten in de randvoorwaarden worden vereffend. In het noorden en zuiden gaat het om een strook van 2,5 km aan de andere kant van de boezemwateren van respectievelijk de Oude Rijn en de Hollandsche IJssel. Aan de oostzijde is de randzone zelfs ruim 4 km om rekening te kunnen houden met de gevolgen van een grote grondwaterwinning.

Het eindige elementennetwerk van SIMGRO wordt gebruikt voor de numerieke berekeningen van de grondwaterstroming. Daarvoor is een driehoeknetwerk aangemaakt, met in iedere hoek een knooppunt. De berekeningen vinden plaats tussen alle knooppunten die via de driehoeken met elkaar verbonden zijn. Ieder knooppunt is representatief voor een invloedsgebiedje. Drainage, neerslag, ed. worden via het invloedsgebiedje aan een knooppunt toegerekend, terwijl omgekeerd

de uitkomsten voor een knooppunt voor het hele gebiedje gelden. Het hele modelgebied heeft 15 505 knooppunten.

In het modelgebied worden 2 gebieden onderscheiden:

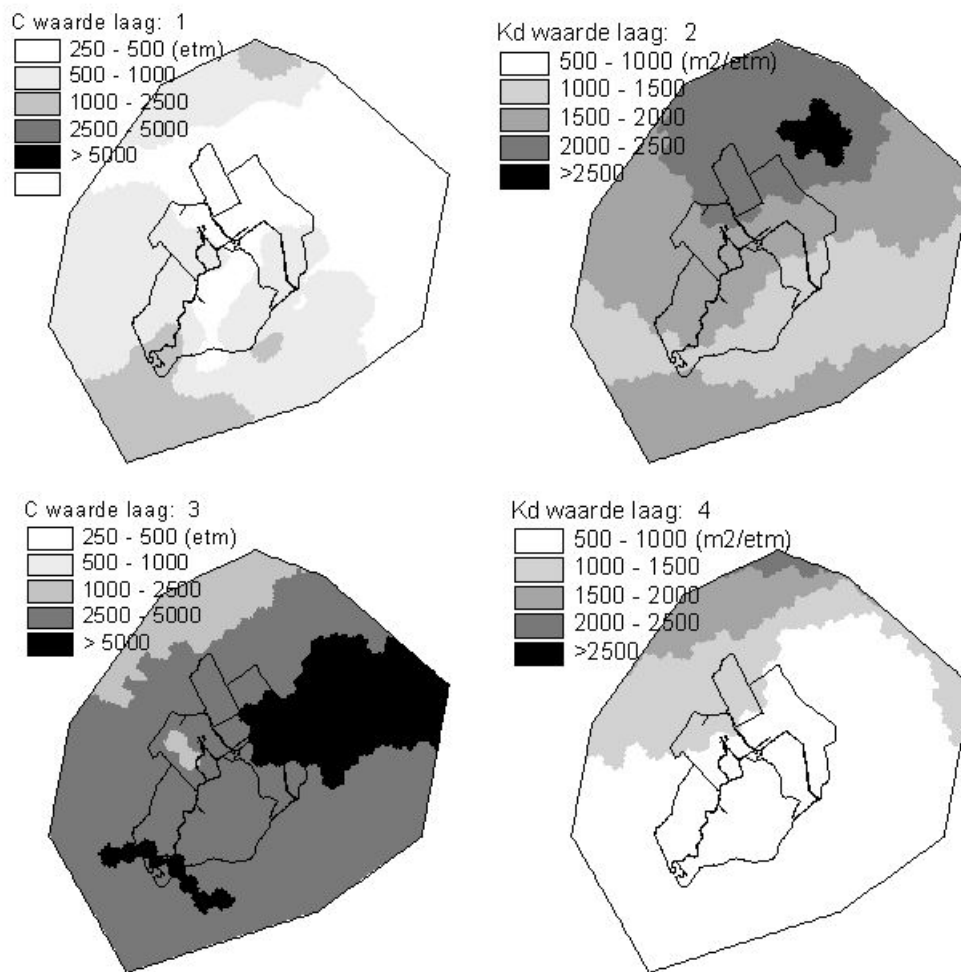
1. Het interessegebied, dat een vijftal grotere afwateringseenheden beslaat die tussen de Oude Rijn in hetnoorden en de Hollandsche IJssel in het zuiden liggen. De oppervlakte bedraagt 3170 ha en de knooppunt dichtheid bedraagt 18 per 10 ha, wat neerkomt op een onderlinge afstand van de knopen van 75 m.
2. De bufferzone die om het interessegebied ligt. De knooppunt dichtheid bedraagt tot 1,6 per 10 ha. en de afstand tussen de knooppunten is 250 m.

3.1.2 De ondergrond

Voor de grondwaterstroming in de verzadigde zone wordt onderscheid gemaakt tussen watervoerende en weerstandbiedende lagen. In watervoerende lagen is de stroming horizontaal. In de weerstandbiedende lagen is de stroming verticaal (wegzijging/kwel). Voor de schematisatie van de ondergrond in het studiegebied is gebruik gemaakt van de geohydrologische opbouw van het SIMGRO-model voor het gebied Amstelland (Wendt, 2002) en de beschrijving van geologie en geohydrologie (hfst. 2.2). In het model worden 4 lagen onderscheiden (tabel 3-1). Bij de calibratie van het Amstelmodel is de weerstand van laag 1 aangepast waardoor er plaatselijk grote verschillen zijn ontstaan. Omdat er geen aanwijzingen zijn voor een grote heterogeniteit van deze lagen zijn de verschillen in weerstand door vereffening teruggebracht. In figuur 3-2 staan de weerstand en het doorlaatvermogen van de lagen.

Tabel 3-1 Geohydrologische schematisatie van het model

<i>Laag</i>	<i>nr.</i>	<i>Formatie</i>	<i>Materiaal</i>
<i>Deklaag /freatisch pakket</i>	<i>1</i>	<i>Westland</i>	<i>veen, klei, slibhoudend zand</i>
<i>Eerste watervoerend pakket</i>	<i>2</i>	<i>Krefienbeye/Urk</i>	<i>zand en grof zand</i>
<i>Slecht doorlatende laag</i>	<i>3</i>	<i>Kedichem</i>	<i>fijn zand</i>
<i>Tweede watervoerend pakket</i>	<i>4</i>	<i>Kedichem</i>	<i>grof zand</i>



Figuur 3-2 Doorlaatvermogen en weerstand.

3.1.3 Het oppervlaktewatersysteem

Ontwatering

SIMGRO maakt onderscheid in verschillende typen ontwateringsmiddelen. In het modelgebied komen de volgende typen voor, waarvoor in Alterraqua met een rekenprocedure de drainage-eigenschappen voor de knooppunten worden berekend: Hoofdwaterlopen (systeem 2). De ligging en de dimensies van de hoofdwaterlopen zijn overgenomen van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Een aantal ontbrekende waterlopen buiten het waterschapsgebied is toegevoegd.

Sloten en greppels (systeem 3). De sloten en greppels zijn overgenomen van de topografische kaart 1 : 10 000. De dimensies zijn overgenomen uit de kennistabel die voor SIMGRO is samengesteld. In de tabel wordt rekening gehouden met het bodemtype en de grondwatertrap. In de veengebieden in het modelgebied komt een aantal dusdanig brede sloten voor dat ze niet als lijnelement, maar als vlakelement op de topografische kaart staan aangegeven. Om de geautomatiseerde procedure voor toekenning van drainage-eigenschappen aan de invloedgebieden te kunnen gebruiken

zijn deze slootvlakken vervangen door dubbele lijnelementen. Deze procedure leverde in de Zegveldstudie weerstanden op die vergelijkbaar waren met de resultaten van onderzoek in de polders Zegveld en Oud-Kamerik (de Vos et al., 2004). Een additionele studie naar onderwaterdrains (Cok en Pouw, 2007) doet op grond van de relatie tussen drooglegging en gemiddeld hoogste grondwaterstand vermoeden dat sommige drainageweerstanden aan de lage kant zijn. In veenweidegebieden is een drainageweerstand van rond de 120 dagen niet ongebruikelijk (pers. meded. van Bakel, Alterra). Daarom is hier een ondergrens van 100 dagen en een bovengrens van 400 dagen aangehouden. Daarmee wordt voorkomen dat voor invloedsgebiedjes met veel waterlopen een erg lage weestand wordt berekend en in gebiedjes waarin geen waterloop ligt een veel te hoge weerstand krijgt. Voor de infiltratieweerstand is aangenomen dat die 10% groter is dan de drainageweerstand.

Maaiveld (systeem 5). Bij hoge grondwaterstanden kan water via laagtes oppervlakkig afstromen naar lagere delen of naar de waterlopen. Hiervoor zijn standaardwaarden gebruikt.

Buisdrainage (systeem 4 in SIMGRO) komt in de actuele situatie nauwelijks voor en is daarom niet opgenomen. Bij één van de strategieën worden onderwaterdrains als hulpmiddel ingezet tegen maaiveld daling. Bij de toelichting over de peilstrategieën worden de kengetallen toegelicht (hfdst. 3.8.1).

Afwatering

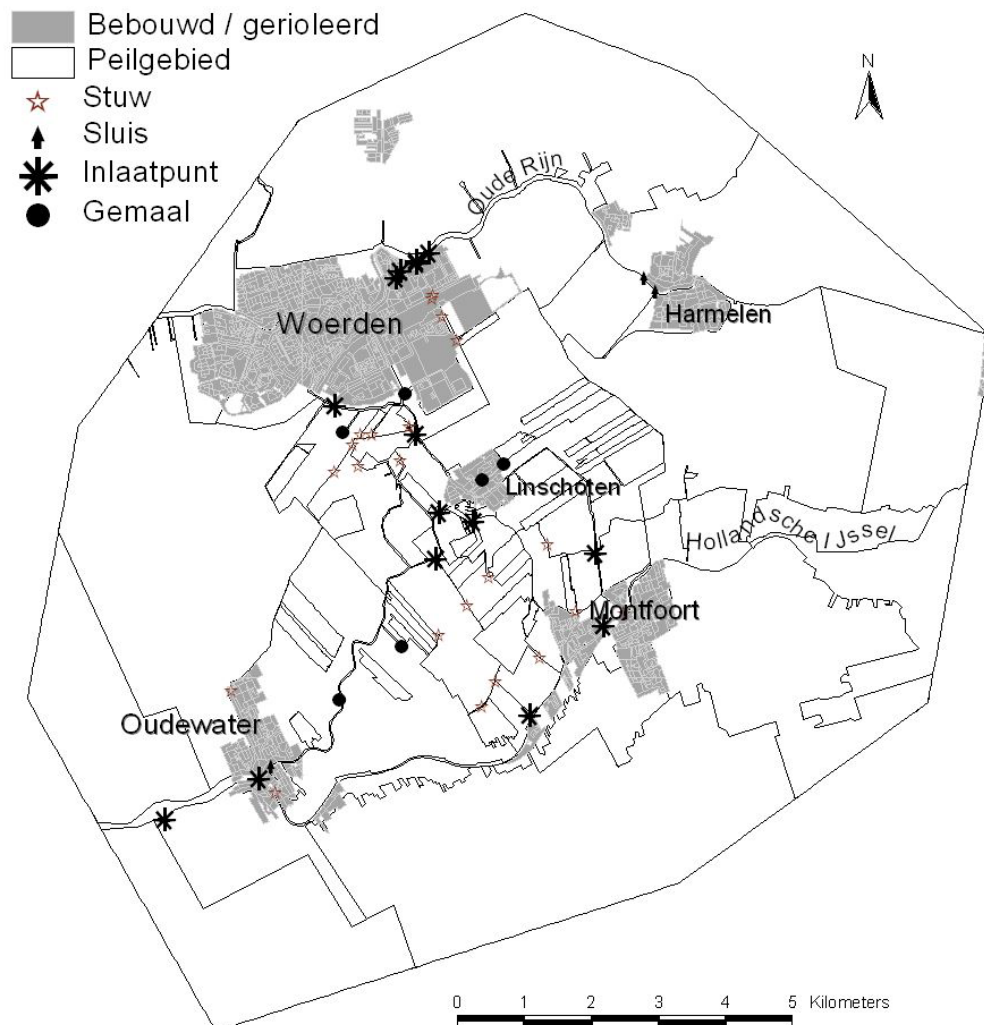
De begrenzing van de afwateringsgebieden en de daarbij behorende streefpeilen zijn overgenomen van het peilbesluit uit 2002 van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. In de randzone zijn afwateringsgebieden samengevoegd als de peilen weinig van elkaar verschilden. Het stelsel van hoofdwaterlopen is opgedeeld in 604 compartimenten. Deze verbinden 51 afwateringseenheden met elkaar. Door 38 afwateringseenheden loopt geen hoofdwaterloop. Deze waterlopen zijn via een aparte link in het model met een hoofdwaterloop verbonden.

In het modelgebied komen gemalen, stuwen, sluizen en waterinlaatpunten voor (figuur 3-3). Voor de bebouwde gebieden is rekening gehouden met een (standaard)percentage aan verhard oppervlak en de aanwezigheid van riolering.

De capaciteit van de gemalen en de polderpeilen zijn overgenomen uit bestanden van het Hoogheemraadschap. Op basis van dimensies van de waterlopen en de grote dichtheid aan sloten zijn relaties opgesteld tussen waterpeil en waterberging enerzijds en waterpeil en waterafvoer anderzijds.

Voor de meeste onderbemalingen in het gebied zijn bij het Hoogheemraadschap weliswaar peilen bekend, maar deze zijn vaak veel hoger dan ze in werkelijkheid zijn. In de praktijk is een drooglegging van 60 cm niet ongebruikelijk (pers.meded., R. Hemel, HDSR). Voor deze studie is uitgegaan van een drooglegging bij onderbemalingen van 55 cm, zowel in de zomer als in de winter.

Omdat geen gegevens bekend zijn van de hoeveelheden boezemwater die het modelgebied binnenkomen en verlaten, maar tegelijkertijd het boezempeil wel constant is, is voor de boezemwateren verondersteld dat de capaciteit van zowel waterafvoer als wateraanvoer ruim voldoende is om de streefpeilen te realiseren.



Figuur 3-3 Kunstwerken

WATERAANVOER

Op een aantal plaatsen kan water via gemalen en duikers uit de boezemwateren worden ingelaten in de polders om het waterniveau daar op peil te houden of om de waterlopen door te spoelen (figuur 3-3). In principe kunnen alle polders in het modelgebied van water worden voorzien, maar de inlaatcapaciteit voor individuele afwateringseenheden is niet bekend. Daarom is per peilgebied een schatting gemaakt van de maximale inlaatcapaciteit uit de oppervlakte x 1,5 mm/etm.

3.1.4 De onverzadigde zone

Om het verloop van het vochtgehalte in de onverzadigde zone te kunnen berekenen wordt gebruik gemaakt van de bodemfysische eigenschappen van de bovengrond. De verschillende bodemtypen die in het modelgebied voorkomen zijn ontleend aan de bodemkaart 1 : 50 000 (figuur 2-4). Met behulp van een vertaaltabel zijn de bodemeenheden gekoppeld aan profielen, de zogenaamde Pawn-eenheden, die op hun beurt uit bodemeenheden van de Staringreeks (Wösten, et al., 1994) zijn

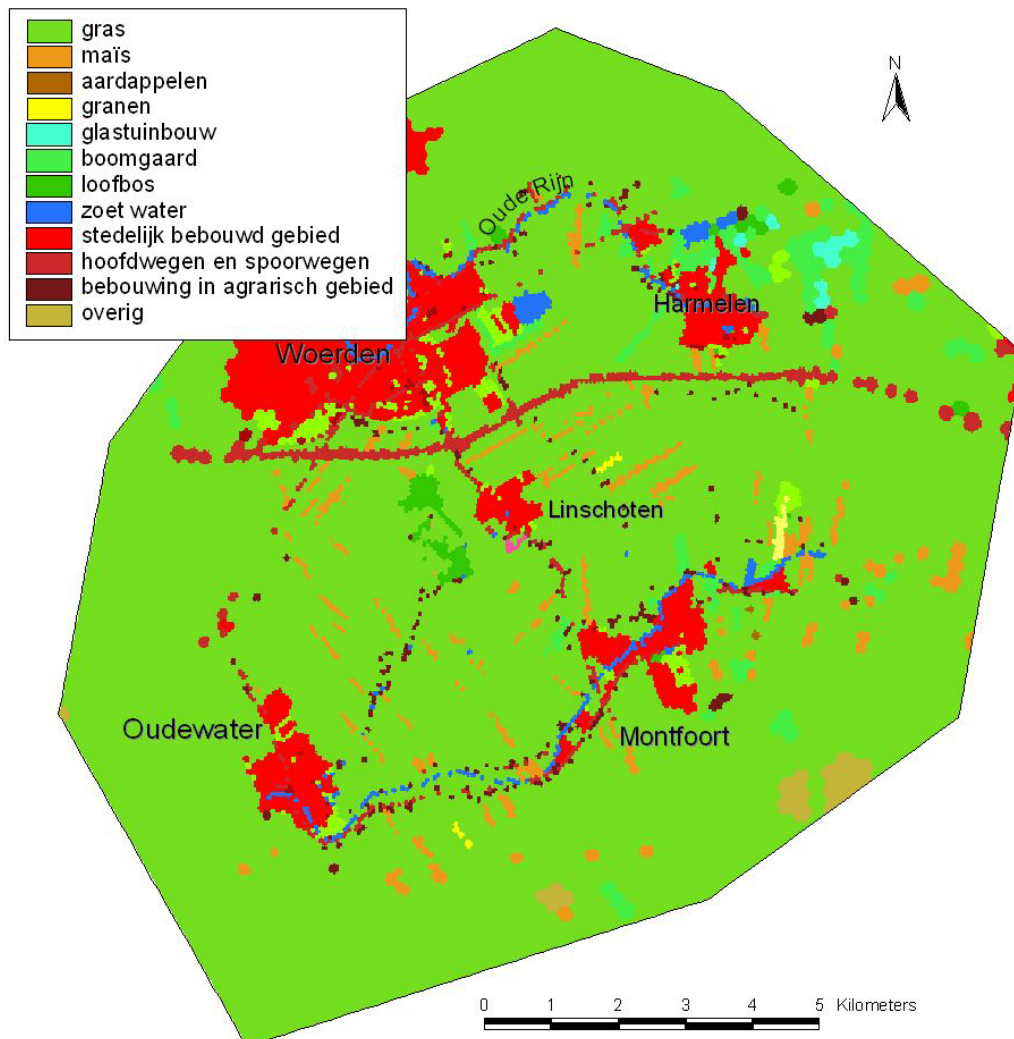
opgebouwd. Van de bodemeenheden van de Staringreeks zijn k-h en h- θ -relaties van boven- en ondergrond bekend.

In het model wordt gerekend met een freatische bergingscoëfficiënt die, afhankelijk van de diepte, varieert van 0,1 tot 0,3.

3.1.5 Landgebruik

Het landgebruik is voor de hydrologie belangrijk vanwege de verdamping van de begroeiing en de afvoereigenschappen van verharde oppervlakken. Voor de berekening van de gewasverdamping uit de referentieverdamping worden gewasfactoren in SIMGRO gebruikt.

De gegevens over het landgebruik zijn afkomstig van de landelijke landgebruikskartering Nederland LGN (www.lgn.nl). De begroeiing van het modelgebied bestaat voornamelijk uit gras, met daartussendoor verspreide maispercelen. De plaatsen zijn als stedelijk gebied aangemerkt. Hier wordt rekening gehouden met een standaard aandeel verhard oppervlak en een versnelde afvoer van neerslagwater via rioolstelsels (zie ook figuur 3-4).

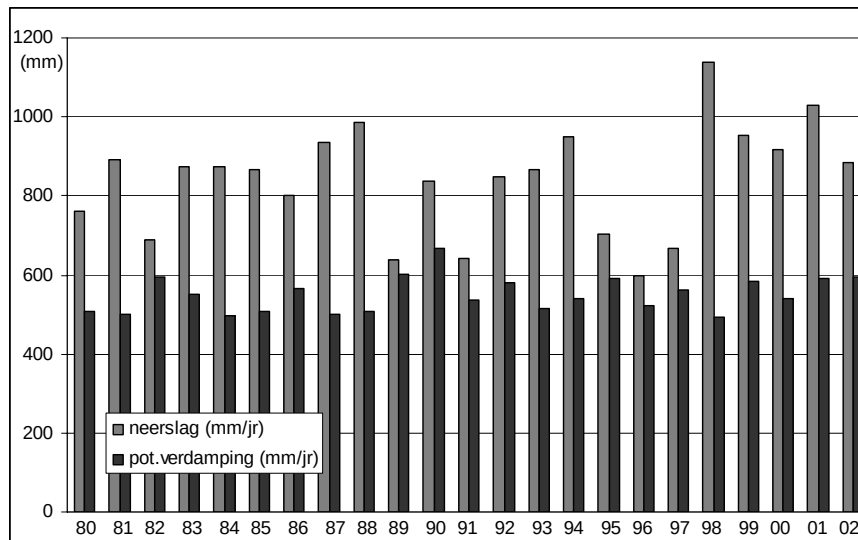


Figuur 3-4 Landgebruik in het studiegebied

3.1.6 Neerslag en verdamping

Voor de neerslag zijn dezelfde gegevens gebruikt die bij de scenariostudie bij Zegveld zijn toegepast. De afstand tussen de regenmeter bij Zegveld en het midden van het modelgebied is daar met 9 km voldoende klein voor. Voor de verdamping is de zogenaamde referentie-gewasverdamping gebruikt die het KMNI voor De Bilt heeft vastgesteld. Omdat de ruimtelijke variatie in verdamping over Nederland klein is, zijn de waarden voor De Bilt ook representatief voor het onderzoeksgebied.

Voor de periode 1980-2002 zijn in figuur 3-5 jaarsommen van neerslag en referentie-gewasverdamping uitgezet. De (potentiële) verdamping varieert tussen 500 en 600 mm/jr.



Figuur 3-5 Jaarlijkse hoeveelheid neerslag en referentie-gewasverdamping in de periode 1980-2002

3.1.7 Drinkwaterwinning en beregening

In de randzone van het modelgebied liggen 2 grotere drinkwaterwinningen. Ten noordoosten van Woerden ligt drinkwaterwinning ‘De Hooze Boom’ die sinds 1931 in gebruik is. Het water wordt gewonnen onderuit het eerste watervoerende pakket (laag 2). Sinds 1996 is de onttrekking gestabiliseerd op een kleine 3 miljoen m³ per jaar. De verwachting is dat deze hoeveelheid ook de komende jaren zal worden onttrokken (pers. meded. H.Timmer, drinkwaterbedrijf Oasen).

Ten oosten van het interessegebied ligt de drinkwaterwinning Linschoten waar sinds 1965 drinkwater wordt gewonnen. Het water wordt onttrokken uit het 2^e watervoerende pakket (laag 4) op een diepte van 75 – 135 m. De onttrekking bedraagt op jaarbasis 10 miljoen m³.

In het model is geen rekening gehouden met onttrekking van grond- of oppervlaktewater voor beregening. In de praktijk wordt incidenteel door een enkele boer wel beregend, maar de hoeveelheid is te verwaarlozen (pers. meded. van den Akker, Alterra).

3.1.8 Randvoorwaarden modelrand

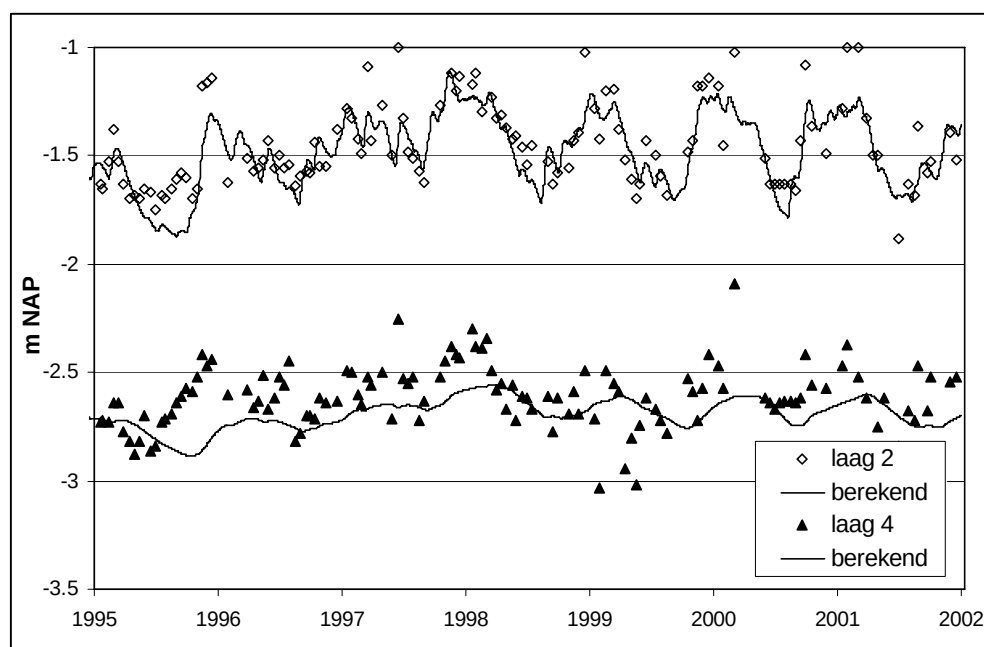
Voor de knooppunten aan de rand van het modelgebied moet of de flux of de stijghoogte van het grondwater voor de watervoerende pakketten worden opgegeven. Hier zijn stijghoogtes gebruikt, die ontleend zijn aan uit het SIMGRO-model voor het gebied Amstelland (Wendt, 2002).

3.2 Het referentiemodel SIMGRO

Het model heeft als gecombineerd oppervlakte- en grondwaterstromingsmodel een groot aantal invoerparameters. De juistheid van deze invoergegevens is niet altijd evident, en omdat vereenvoudigingen in de modelschematisatie zijn toegepast, zijn de uitkomsten van het model ook in zekere mate onnauwkeurig. Om te beoordelen of de berekende afvoeren en grondwaterstanden de meetgegevens goed benaderen en of veranderingen in invoergegevens en modelschematisatie noodzakelijk zijn is het model voor de periode 1996-2002 doorgerekend.

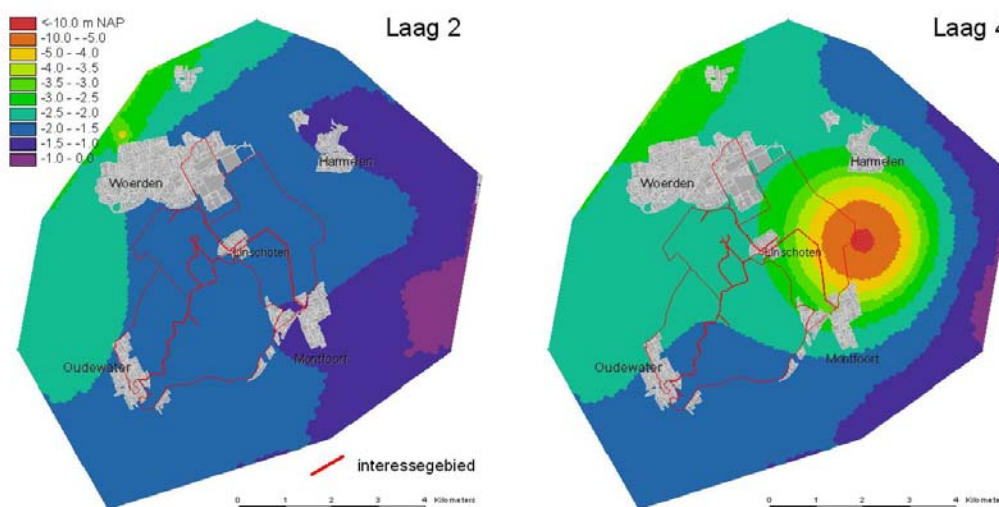
3.2.1 Diep grondwater

Er zijn onvoldoende meetgegevens van het diepe grondwater om het model op te kalibreren, maar volgens een eerste verkenning met het referentiemodel geven de berekende stijghoogtes in de beide watervoerende pakketten geen aanleiding om de geohydrologische schematisatie die aan het Amstellandmodel is ontleend aan te passen. In figuur 3-6 staan de gemeten en berekende stijghoogtes voor één van de weinige meetpunten die in het interessegebied liggen en waarvan meetgegevens van de rekenperiode beschikbaar zijn. De berekende stijghoogte in het 2^e watervoerende pakket (laag 4) heeft een gedempter verloop dan de meetgegevens aangeven. De oorzaak ligt buiten het modelgebied, om daar vermoedelijk een beter contact is met het (dynamischer) freatische grondwater. Een kleinere weerstand van de scheidende laag (laag 3) verhoogt weliswaar de dynamiek, maar betekent ook de stijghoogteverschillen te klein worden. Voor de modeluitkomsten ondieper in het systeem heeft de demping geen gevolgen.



Figuur 3-6 Gemeten en berekende stijghoogte van het grondwater bij buis B31G0103 in het 1^e en 2^e watervoerende pakket (laag 2 en laag 4). Voor ligging van de buis zie fig. 3-11.

De gemiddelde stijghoogtes in de lagen 2 en 4 staan in figuur 3-7. In laag 2 is de drinkwaterwinning De Hooze Boom ten noordwesten van Woerden te herkennen en in laag 4 de grote winning ten oosten van Linschoten.



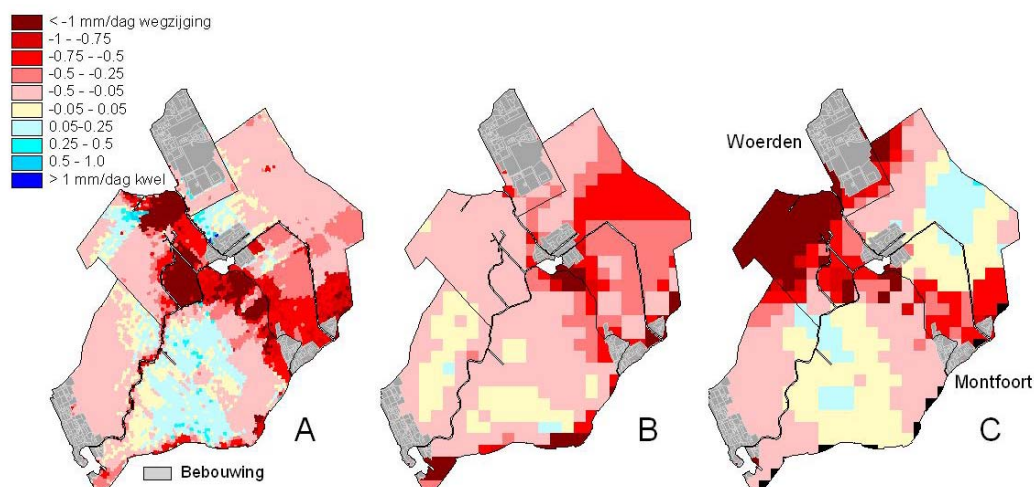
Figuur 3-7 Stijghoogte van het grondwater in het 1^e en 2^e watervoerende pakket (laag 2 en laag 4)

De modeluitkomsten leveren ook de hoeveelheden water per afwateringseenheid die door de gemalen uitgeslagen worden. Door deze hoeveelheden te vergelijken met de gemeten hoeveelheden kunnen de geohydrologische eigenschappen aangepast worden, maar aangezien de waterinlaat onbekend is, kan ook geen goede schatting worden gegeven van de netto-afvoer. In de Zegveldstudie, waar deze methode wel is toegepast, is alleen de kD-waarde van het 1^e watervoerende pakket aangepast waardoor die varieerde van 900 tot ruim 2700 m²/dag, waarden die ook in de literatuur voor dit gebied worden gegeven (Boswinkel en Cornelissen, 1980). Die waarden komen goed overeen met de kD-waarden uit figuur 3-2 die tussen de 1000 en ruim 2500 m²/dag liggen.

3.2.2 Kwel en wegzijging

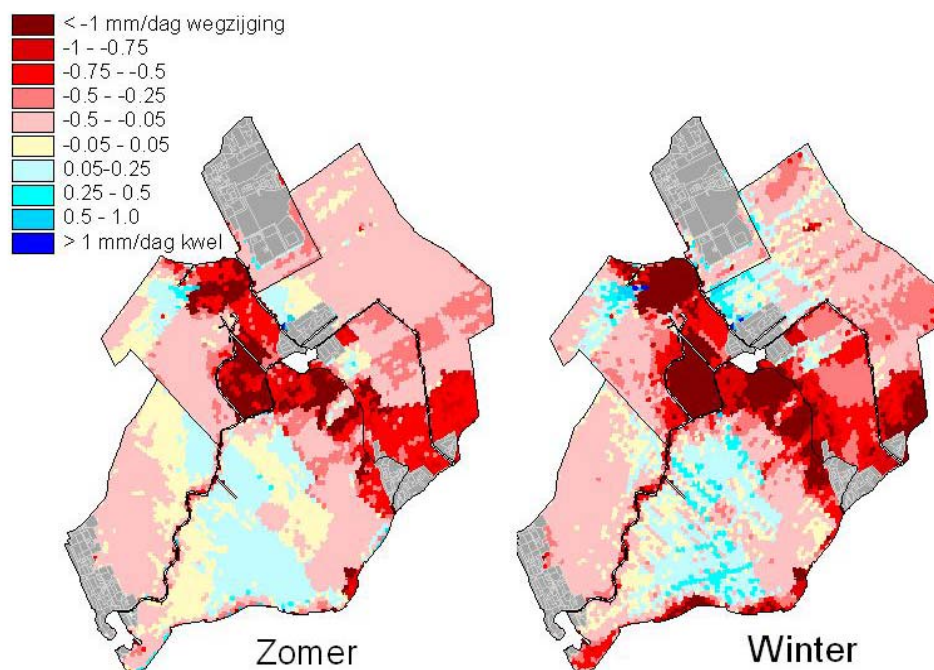
Er zijn geen meetgegevens van kwel en wegzijging bekend maar uit andere studies zijn wel gemiddelde hoeveelheden berekend (Griffioen et al., 2002; RIZA, 2001). In figuur 3-8 zijn deze vergeleken met de hier berekende hoeveelheden kwel en wegzijging. Een deel van de verschillen is toe te schrijven aan de verschillen in detaillering. Hier is met gridcellen van 25 m gerekend, terwijl voor de beide andere studies is uitgegaan van gridcellen van 250 m. Aan de noordwestzijde zijn de verschillen groot. Hier liggen vertakkingen van het boezemsysteem. Mogelijk dat deze niet of anders in de beide andere modellen (B en C) zijn opgenomen. Opvallend is verder dat in het noordoosten, waar de drinkwaterwinning Linschoten net buiten het interessegebied ligt, wegzijging optreedt bij A en B, maar dat C daar juist kwel berekent.

De verschillen tussen de hier berekende kwel/wegzijging en B en C zijn niet consistent en leveren geen aanleiding voor modelaanpassingen.



Figuur 3-8 Gemiddelde hoeveelheden kwel en wegzijging die zijn berekend volgens deze studie (A), het NAGROM-model (B) en de volgens Griffioen (C)

De verschillen van kwel en wegzijging tussen zomer en winter zijn betrekkelijk klein (figuur 3-9). In de winter is er meer afwisseling op korte afstand en zijn onderlinge verschillen wat groter. Dat komt omdat in de winter het verschil tussen grondwaterstand (hoog) en slootpeil (laag) groter is dan in de zomer wanneer het peil in de sloten vaak wat opgezet, en de grondwaterstand dieper wegzakt.



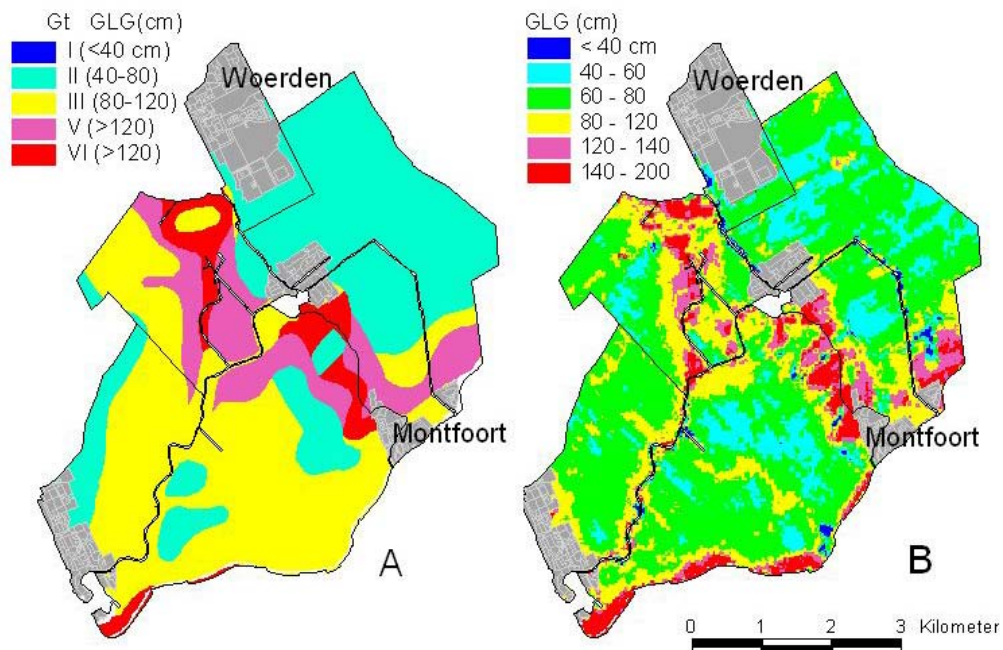
Figuur 3-9 Berekende kwel en wegzijging in het zomer- en in het winterhalfjaar

3.2.3 Freatisch grondwater

Naast de geohydrologie zijn de weerstanden (drainage, infiltratie, intree en uittree) van de waterlopen, verdamping en waterinlaat belangrijke modelparameters die van invloed zijn op het freatisch grondwater. Er was geen reden om de verdamping aan te passen. De marge daarvoor is klein en bovendien kan de betrouwbaarheid niet worden getoetst. In de Zegveldstudie is voor de toetsing van het freatisch grondwater gebruik gemaakt van de gevoeligheid voor de weerstanden en de waterinlaat. Deze zijn in samenhang met de afvoer getoetst. Aangezien hier geen netto afvoer (bruto afvoer minus waterinlaat) bekend is, kan deze vergelijking hier niet worden gemaakt.

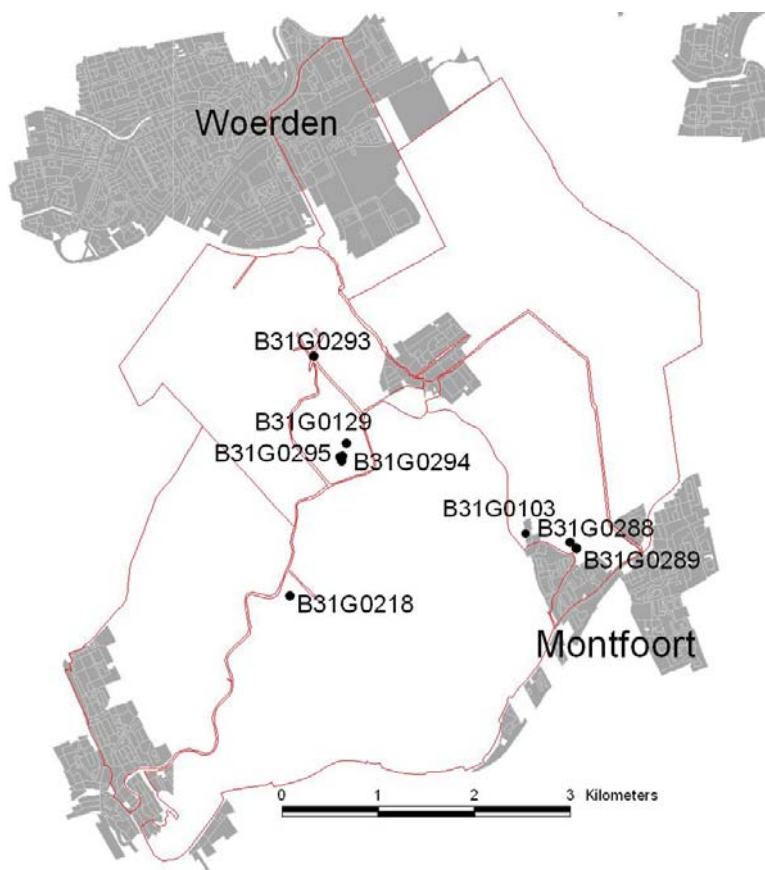
De berekende grondwaterstanden kunnen als vlakdekkende kaart worden gepresenteerd en als tijd-stijghoogtelijnen voor afzonderlijke punten. Een vlakdekkende kaart biedt de mogelijkheid om deze te vergelijken met de grondwatertrappenkaart (Stiboka, 1969 en 1970). De grondwatertrappenkaart is echter gedateerd (de opname heeft in de periode 1960-1964 plaatsgevonden). Inmiddels is het maaiveld gedaald, zijn peilen aangepast en is het aantal onderbemalingen uitgebreid. Ook is de grondwatertrappenkaart grof. De lager gelegen veengronden in het interessegebied hebben vrijwel overal een grondwatertrap II of III en de hoger gelegen kleigronden tussen Woerden en Montfoort een Gt V of VI (figuur 3-10). Volgens de modelberekeningen hebben de lager gelegen veengronden een GLG die tussen de 60 en 80 cm ligt. Dit is de 'droge' kant van grondwatertrap II. In vergelijking met de grondwatertrappenkaart is de zuidelijke helft wat natter geworden.

De GLG van de hogere kleigronden is, afgezien van details, onderling goed vergelijkbaar.

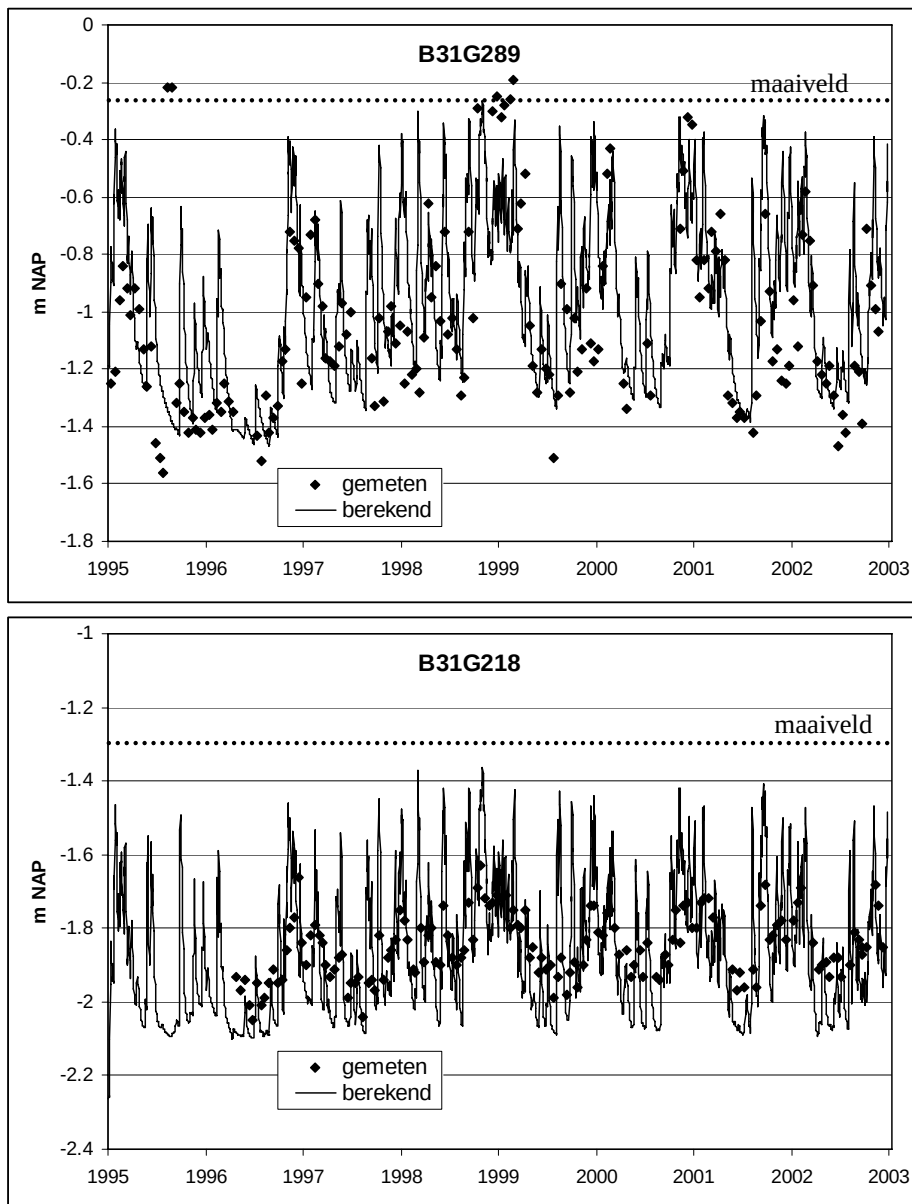


Figuur 3-10 GLG volgens de grondwatertrappenkaart (A) en de modeluitkomsten van SIMGRO (B)

Om de berekende grondwaterstanden te beoordelen zijn deze vergeleken met peilbuismetingen. Er liggen zeven bruikbare meetpunten voor het freatisch grondwater in het interessegebied (figuur 3-11). Hiervan ligt een aantal in het landgoed dat ten westen van Linschoten is gesitueerd. Het landgoed heeft echter een aparte begroeiing en waterhuishouding die niet representatief zijn voor de rest van het gebied. Van de beide andere meetpunten die wel representatief zijn staan de gemeten en berekende waterstanden in figuur 3-12. Bij buis B31G289 komen de gemeten en berekende standen goed met elkaar overeen. Bij buis B31G218 valt het gemiddelde grondwaterstandverloop van de gemeten en berekende standen wel samen, maar laten de gemeten standen een gedempter verloop zien. Waarschijnlijk hangt dat samen met grondsoort (klei) in samenhang met een relatief grote diepte van het filter (3 m). Zowel de gemeten als de berekende standen vallen in Gt II. Daarmee lijkt de Gt III die voor deze plek op de bodemkaart staat aangegeven te hoog en vormt dat geen aanleiding om het model aan te passen.



Figuur 3-11 Grondwaterstandsmeetbuizen in het interessegebied

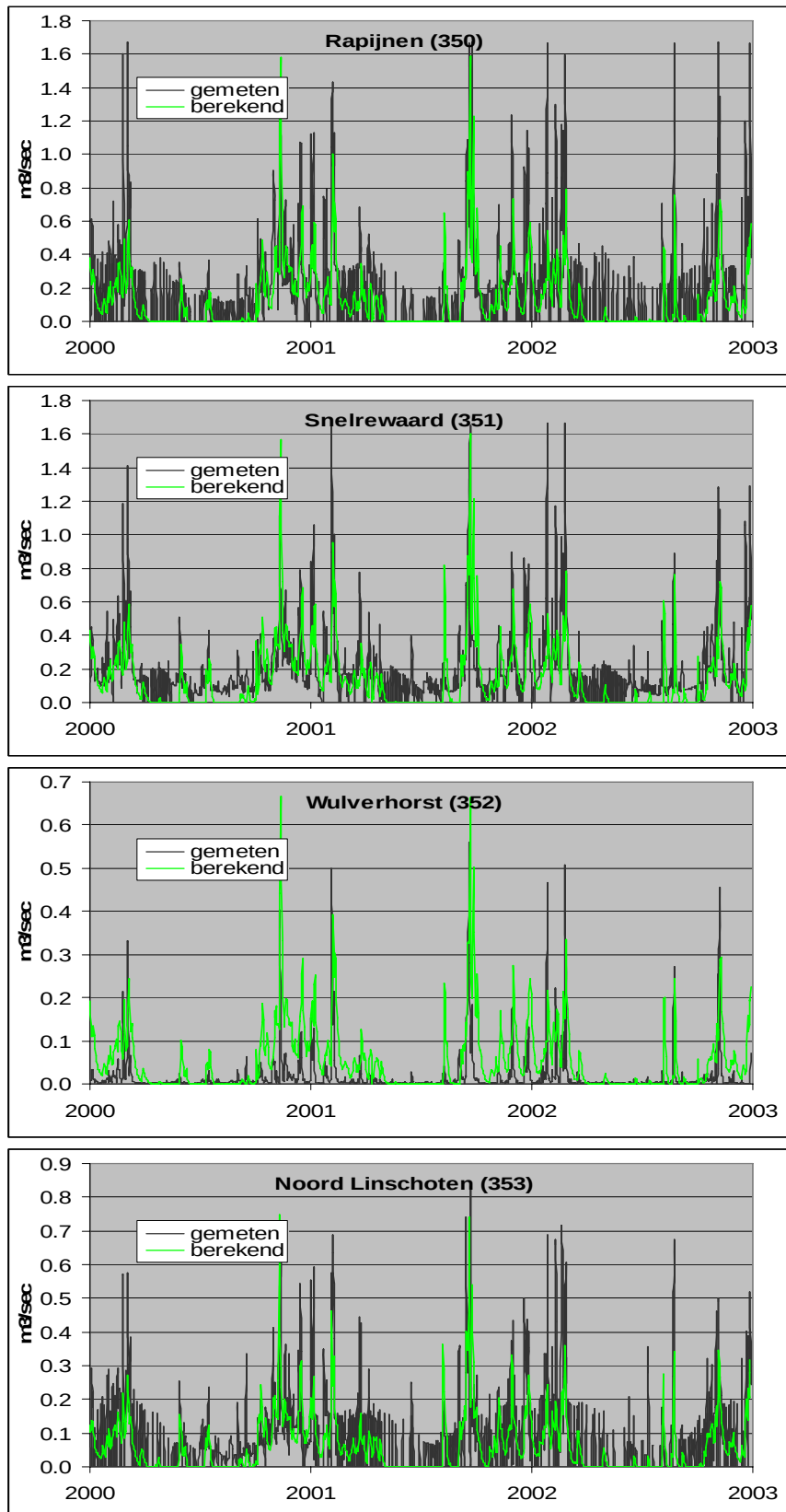


Figuur 3-12 Verschil tussen gemeten en berekende fretische grondwaterstanden

3.2.4 Afvoer en aanvoer

Van de 5 afwateringseenheden in het gebied (figuur 2-7) is de hoeveelheid water die door de gemalen op de boezemwateren is uitgeslagen bekend. In figuur 3-13 en in tabel 3-2 zijn deze hoeveelheden vergeleken met de berekende hoeveelheden. De kleinste afwateringseenheid, 'Snel en Polanen', is niet in beschouwing genomen omdat deze vrijwel geheel uit een uitbreiding van Woerden bestaat.

In de winter komen gemeten en berekende hoeveelheden goed met elkaar overeen, maar in de zomer wordt er volgens de berekeningen minder afgevoerd dan er volgens metingen is vastgesteld. Het verschil is waarschijnlijk het gevolg van het doorspoelen van de polders met boezemwater. Daar is bij de berekeningen geen rekening mee gehouden.



Figuur 3-13 Gemeten en berekende afvoer de vier grootste afwateringseenheden

De gemeten en berekende afvoer, en het verschil tussen beide staat, omgerekend in millimeters per jaar, in tabel 3-2. De gemeten hoeveelheden van 350 (Rapijnen), 351 (Snelrewaard) en 353 (Noord Linschoten) zijn hoog, terwijl de berekende hoeveelheden voor gebieden met overwegend wegzijging meer volgens de verwachting zijn. Dit bevestigt de veronderstelling dat het verschil tussen de gemeten en berekende hoeveelheid het gevolg is van doorspoeling. Bij 352 (Wulverhorst) is de gemeten afvoer tot 1998 aanzienlijk groter dan de berekende hoeveelheid. In 1998 waren gemeten en berekende hoeveelheid even groot, en vanaf 1999 is de gemeten hoeveelheid sterk afgenomen. In de zomer is geen extra afvoer meer gemeten. Daardoor komen de gemiddelde hoeveelheden in tabel 3-2 over de hele periode goed met elkaar overeen, maar laat figuur 3-13 over de jaren 2000-2003 wel een verschil zien.

Tabel 3-2 Gemeten en berekende afvoer over de periode 1995-2002

GEBIED	350	351	352	353
<i>oppervlakte (ha)</i>	<i>971</i>	<i>1000</i>	<i>479</i>	<i>449</i>
gemeten (mm/jr)	556	548	329	618
berekend (mm/jr)	390	426	339	472
verschil (mm/jr)	166	123	-10	146

3.2.5 Discussie

De beperkte hoeveelheid meetgegevens maakt dat een uitgebreide kalibratie van het model niet goed mogelijk is. Daar staat tegenover dat veel van de parameters konden worden overgenomen uit de modellen voor Amstelland en Zegveld die beter gekalibreerd zijn.

Het referentiemodel houdt nog geen rekening met de daling van het maaiveld. Dat levert een aantal onzekerheden op omdat is uitgegaan van een hoogtemodel en peilgebieden die in feite momentopnamen zijn. De maaiveldhoogte in het veengebied neemt jaarlijks af, en de indeling en het peilregime worden regelmatig aangepast. Dat heeft invloed op onder andere grondwaterstanden en waterafvoer. Het referentiemodel is, als geen rekening wordt gehouden met de daling van het maaiveld, feitelijk alleen geschikt voor het jaar waarop maaiveld en peilen gelden (ca. 2002). Door toevoeging van de ‘dalingsmodule’ (zie par. 3.3) aan het model kunnen toch langere perioden worden doorgerekend.

3.3 Daling van het maaiveld

Daling van het maaiveld in veengebieden is het gevolg van oxidatie, zetting of klink en krimp. De voornaamste oorzaak van een versnelde daling van het maaiveld is een versterkte biologische afbraak van het veen als gevolg van een betere toetreding van lucht door ontwatering. Maaiveld daling door peilverlaging treedt al op sinds de ontginning van het gebied. De dalingssnelheid van de veengebieden is in de Zegveldstudie gebaseerd op lange meetreeksen die op een proefboerderij bij Zegveld op percelen met verschillende droogleggingen zijn verzameld. Die meetresultaten

vormden de basis voor de berekening van de maaiveld daling onder verschillende omstandigheden die eerder in de Zegveldstudie is toegelicht. Uit dat rapport is het betreffende hoofdstuk hier als bijlage 1 opgenomen.

De berekende daling is gerelateerd aan de het gemiddelde van de 3 laagste grondwaterstanden die jaarlijks wordt berekend uit de grondwaterstanden op de 14^e en 28^e van iedere maand (LG3). In tabel 3-3 staat de bijbehorende daling voor het (eutroof) veen zonder kleidek, veen met een dun (15-40 cm) kleidek en veen met een dik kleidek (40-60 cm). De diktes vallen samen met die van de bodemtypen op de bodemkaart. Een grondwaterstand die niet tot in de veenondergrond reikt kan toch tot een (kleine) maaiveld daling leiden als gevolg van klink en zetting en omdat de klei meestal (sterk) humeus is. Omdat op grenzen van bodemvlakken discontinuïteiten in daling worden berekend is per knooppunt een schatting gemaakt van de absolute veendikte. De schatting is gebaseerd op interpolatie tussen overgangen van bodemeenheden. Daar zijn de veendiktes wel bekend, bijvoorbeeld op de overgang van een veengrond met kleidek van 15-40 cm en een veengrond met een kleidek van 40-60 cm. Verder is rekening gehouden met het voorkomen van minerale ondergronden binnen 1,2 m en met locale verschillen in maaiveldshoogte.

Tabel 3-3 Daling in millimeters per jaar van veen op basis van de gemiddeld laagste grondwaterstand in een jaar (LG3). Tussenvallende waarden worden lineair geïnterpoleerd.

LG3(m)	bodem			LG3(m)	bodem		
	1	2	3		1	2	3
0.0	0	0	0	0.7	9.80	6.49	3.86
0.1	0.80	0.22	0.12	0.8	12.15	8.85	5.48
0.2	1.70	0.35	0.25	0.9	14.50	11.20	7.23
0.3	2.60	0.83	0.38	1.0	16.86	13.55	9.08
0.4	3.75	1.80	0.63	1.1	18.83	15.73	11.28
0.5	5.09	2.90	1.38	1.2	20.91	17.87	13.52
0.6	7.44	4.65	2.25	1.3	22.72	19.87	15.64

1 = eutroof veen zonder kleidek

2 = eutroof veen met dun kleidek

3 = eutroof veen met dik kleidek

3.4 Waterverdeling

Waterinlaat heeft als doel om het water in de sloten op peil te houden ten tijde van watertekort. Het water dat daarvoor wordt gebruikt is afkomstig uit de boezem. Enerzijds zorgt het inlaatwater ervoor dat het grondwaterpeil minder diep uitzakt waardoor veenoxidatie en dus bodemdaling minder groot is, maar anderzijds heeft het ingelaten water invloed op de waterkwaliteit en kan veenoxidatie cq. de bodemdaling juist worden versterkt. In de Zegveldstudie is met het oppervlaktewatermodel SIMWAT (Querner, 1993) voor een afwateringseenheid nagegaan in hoeverre (gebiedsvreemd) inlaatwater uit de boezem in het onderzoeksgebied kan doordringen. De randvoorwaarden voor SIMWAT, zoals drainage of infiltratie, zijn afkomstig uit de SIMGRO-berekeningen. De uitkomsten toonden aan dat hoe dicht bij de inlaatpunten hoe hoger het aandeel boezemwater in de watergangen wordt. In een droge zomer loopt het percentage inlaatwater op tot

meer dan 85% in de grotere watergangen en 60% in de kleinere perceelssloten. Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met extra inlaat om waterlopen door te spoelen.

De berekeningsmethode voor Zegveld is tijdrovend omdat ieder gebied uniek is wat betreft de situering van het gemaal, de inlaatpunten en het waterlopenstelsel waardoor de verdeling van inlaatwater in iedere afwateringseenheid anders zal zijn. Daarnaast zijn er nog aspecten als waterbehoefte, beschikbaarheid van boezemwater en de capaciteit van de inlaatpunten die maken dat er ook verschillen in de tijd optreden. Voor het gebied Linschoten is gekozen om de ruimtelijke verdeling van het ingelaten water te ontlenen aan de hoeveelheden die door SIMGRO per knooppunt worden gegenereerd. Deze worden vervolgens per peilvak gemiddeld voor de zomerperiode. Het aandeel gebiedsvreemd water in de sloten kan hiervan afwijken omdat de waterlopen ook een transportfunctie hebben van inlaatwater naar het achterland.

3.5 Nutriënten

De belasting van het oppervlaktewater in veengebieden met stikstof (N) en fosfor (P) is de resultante van verschillende processen. De belangrijkste nutriëntenbronnen zijn meststoffen uit de landbouw, atmosferische depositie, waterinlaat, veenafbraak cq. mineralisatie en uitloging van het bodemcomplex. Aan de andere kant wordt er N en P vastgelegd in terrestrische en aquatische biomassa, wordt het via gemalen afgevoerd of verdwijnt het als stikstofgas in de atmosfeer. Bij alle processen speelt ook het waterlopenstelsel een belangrijke rol.

Omdat al deze factoren binnen het veenweidegebied in ruimte en tijd wijzigen en deze complexe berekeningen die hiervoor nodig zijn buiten het bestek van deze studie vallen is hier dezelfde werkwijze gevolgd die in de Zegveldstudie is toegepast. Daarvoor zijn gegevens uit de Vlietpolder bij Hoogmade gebruikt (Hendriks et al., in prep.). De Vlietpolder heeft een andere bodemopbouw en hydrologie waardoor de resultaten alleen een relatieve betekenis voor andere veengebieden hebben.

In de Vlietpolder zijn op een proefperceel voor verschillende ontwateringsdiepten en voor situaties met en zonder onderwaterdrains modelberekeningen uitgevoerd. De mestgift is gebaseerd op recente hoeveelheden (2000-2001). Hieruit zijn voor N en P relaties afgeleid tussen de ontwateringsdiepte en de bijdrage van respectievelijk bemesting, atmosferische depositie en de som van infiltratie vanuit de sloten, veenafbraak en uitloging van het bodemcomplex (tabel 3-4).

Tabel 3-4. Belasting van het oppervlaktewater met stikstof (N) en fosfor (P) door verschillende bronnen in veengebieden bij verschillende droogleggingen. Belasting = Y (kg/ha/jr) Drooglegging = X (cm) (naar Hendriks et al., 2007)

	BRON	VERGELIJKING	R ²
N	meststoffen	$Y=0,0035X^2 - 0,5363X + 26,227$	0,996
	depositie	$Y=0,0005X^2 - 0,1033X + 5,9367$	1,000
	bodem*)	$Y=-0,0002X^2 + 0,1162X + 9,5813$	0,999
N	onder- water- drains	meststoffen $Y=-0,0003X^3 + 0,067X^2 - 4,7546X + 117,82$ depositie $Y=0,0003X^2 - 0,0527X + 2,3998$ bodem*) $Y=8^E-05X^3-0,0112X^2+0,5524X+7,193^{**})$	1,000 1,000 1,000
P	meststoffen	$Y=0,0002X^2 - 0,0318X + 2,1887$	0,999
	depositie	$Y=2^E-05X^2 - 0,0045X + 0,24$	1,000
	bodem*)	$Y=0,0005X^2 - 0,024X + 1,3272$	1,000
P	onder- water- drains	meststoffen $Y=-2^E-05X^3 + 0,0045X^2 - 0,3432X + 9,6159$ depositie $Y=3^E-05X^2 - 0,0042X + 0,1744$ bodem*) $Y=0,0011X^2 - 0,0271X + 1,0^{**})$	1,000 0,993 0,970

*) som van infiltratie uit de sloten, veenafbraak (organisch), mineralisatie (anorganisch) en bodemcomplex

**) gebaseerd op 4 ipv 6 getallenparen

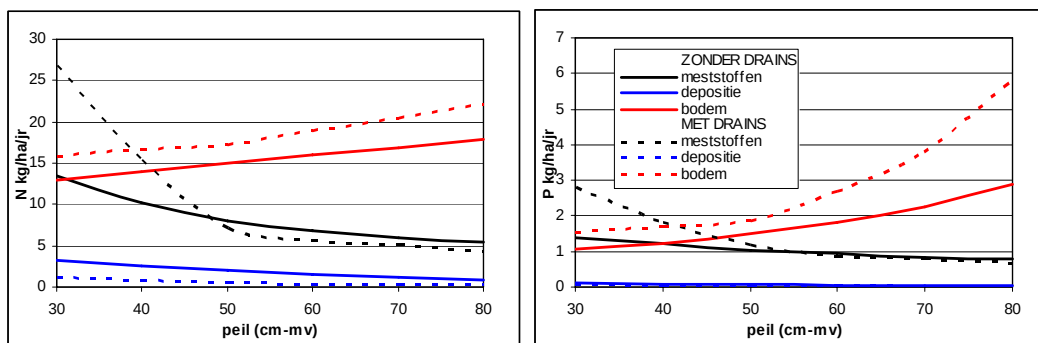
De relaties laten een goede correlatie zien tussen de ontwateringsdiepte en de bijdrage van verschillende bronnen. Figuur 3-14, waarin deze relaties staan afgebeeld, laat voor stikstof zien dat als het in een situatie zonder onderwaterdrains natter wordt, de bijdrage van bemesting groter wordt, maar dat tegelijkertijd de bijdrage vanuit de veenbodem vermindert. Een verhoging van een relatief hoog slootpeil heeft weinig effect op de totale P-belasting. Uitgaande van een diep slootpeil neemt de totale P-belasting af bij een verhoging van het peil omdat de uitloging dieper uit het profiel wegvalt.

Onderwaterdrains hebben bij een ondiep slootpeil een grote uitspoeling van N en P uit mest tot gevolg. Bij een diep slootpeil leiden de drains tot een toename van de uitloging van N en met name P vanuit de bodem onder de gemiddeld laagste grondwaterstand waar hoge ammonium en fosfaatconcentraties in evenwicht zijn met het bodemcomplex. Er moet rekening mee worden gehouden dat het model waarop de relaties voor onderwaterdrains zijn gebaseerd niet geoptimaliseerd is voor drooglegging en diepteligging van de drains. In de volgende versie van het model wordt deze beperking ondervangen.

Voor de berekening van de belasting van het oppervlaktewater in het studiegebied is een aantal randvoorwaarden geformuleerd:

- De berekeningen zijn alleen uitgevoerd voor het klei-op-veengebied waarbij geen rekening is gehouden met verschillen in kleidikte. De bijdrage vanuit de bodem aan de totale belasting zal kleiner worden naarmate de kleilaag dikker is.
- Voor de drooglegging in de relaties van tabel 3-4 zijn de zomer- en winterpeilen van de strategieën (hfdst. 3.8.1) gebruikt. Omdat de meeste processen vooral in het zomerhalfjaar plaatsvinden is aan het zomerpeil een weegfactor 0,75 toegekend en aan het winterpeil een factor 0,25. De drooglegging van strategie 5 is aangepast omdat het slootpeil daar dieper wegzakt.

- Bij alle peilstrategieën komen min of meer extreme droogleggingen voor. Als grens voor de geringste drooglegging is 0 cm genomen, en voor de grootste drooglegging 100 cm - mv.
- Onder erg natte omstandigheden zijn gebieden niet geschikt voor landbouw en zal er in die gebieden geen mest meer worden toegediend. Voor de berekeningen is aangenomen dat de grens tussen wel of geen bemesting vanuit de landbouw bij een ontwateringsdiepte van 20 cm ligt.
- Processen zoals uitwisseling van de nutriënten met de waterbodem en opname door waterplanten zijn niet in beschouwing genomen. De veranderingen in belasting met N en P zijn daarom niet vertaald naar veranderingen in concentraties in het slootwater.



Figuur 3-14 Belasting van het oppervlaktewater met stikstof (N) en fosfor (P) door verschillende bronnen in relatie tot het slootpeil

3.6 Geschiktheid voor natuur

Om bodemdaling in veenweiden tegen te gaan is een hoger grondwaterpeil noodzakelijk. Daardoor kunnen gebieden te nat worden voor de landbouw, maar dat biedt dan mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Als onderdeel van het project “Waarheen met het Veen?” doet de vakgroep Landschapsecologie van de Universiteit Utrecht onderzoek naar verschillende aspecten van vernatting van huidige landbouwgronden:

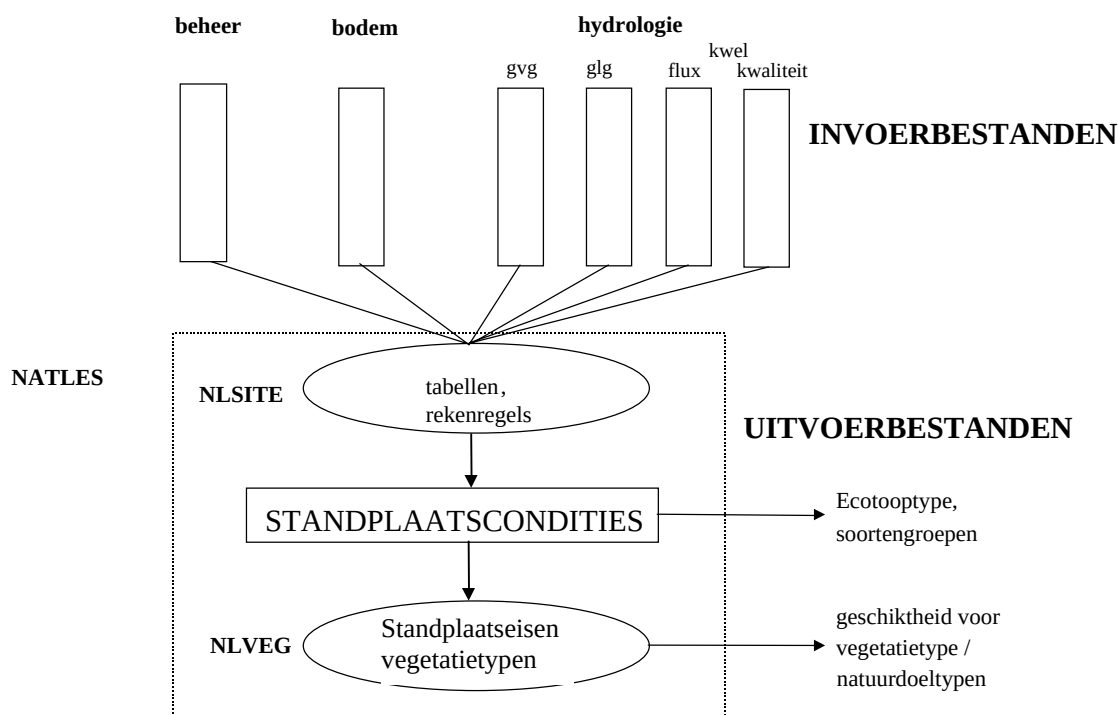
- ❑ de veranderingen die zich bij vernatting voltrekken in de bodemchemie, zoals fosfaatmobilisatie en denitrificatie;
- ❑ de ontwikkelingsmogelijkheden van plantengemeenschappen bij de nieuw ontstane bodemchemische omstandigheden;
- ❑ de mogelijkheden voor herstel of ontwikkeling van waardevolle natuur op voormalige landbouwgronden.

De eerste zeer voorlopige resultaten van dit experimenteel onderzoek zijn gerapporteerd (van de Riet, 2006). De resultaten zijn nog niet toegespitst op de natuurontwikkelingskansen bij verschillende peilstrategieën in het gebied rond Linschoten. Daarom wordt voor dat gebied een verkenning uitgevoerd met het model NATLES (Runhaar et al. 2003). Het is een programma dat gebruik maakt van geografische bestanden met informatie over de conditionerende factoren die sturend

zijn voor de vegetatie-ontwikkeling: bodem, beheer en hydrologie (figuur 3-15). De invoerbestanden zijn omgezet naar ArcView-gridbestanden met rasters van 25 x 25 meter die aansluiten bij de bestanden van SIMGRO.

Voor de bepaling van de geschiktheid voor vegetatie- en natuurdoeltypen wordt gebruik gemaakt van tabellen waarin per type wordt aangegeven welke standplaatscondities al dan niet geschikt zijn. De voorspelling heeft een statisch karakter. Dat wil zeggen dat deze geldt voor veronderstelde evenwichtssituaties. Verder wordt uitgegaan van een deterministische benadering, waarbij per ruimtelijke eenheid slechts één standplaatstype wordt voorspeld. Wel kan een standplaatstype geschikt zijn voor meerdere vegetatie-eenheden.

Naarmate de veengebieden natter worden neemt de geschiktheid voor verschillende typen natte natuur toe. Voor veengebieden rond Zegveld was het natuurdoeltype Veenmosrietland (3.28.) daarom geschikt. (Bal et al., 2001; Wamelink en Runhaar, 2000). De aanwezigheid van een (al dan niet venige) kleilaag maakt het gebied rond Linschoten niet geschikt voor dat veenmosrietland. Daarom is hier voor het natuurdoeltype Moeras (3.24) gekozen. Wanneer moeras in de zomer wordt gemaaid ontstaat bloemrijk rietland. De abiotische randvoorwaarden zijn voor het waterregime droogvallend tot zeer nat, voor zuurgraad zwak zuur tot neutraal en voor voedselrijkdom matig voedselrijk.



Figuur 3-15 Opzet van het model NATLES

Van de benodigde hydrologische gegevens worden de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de kwelflux met SIMGRO berekend. Beheer, bodem en waterkwaliteit zijn als

vaststaand beschouwd. Voor de bodem wordt de bodemkaart 1 : 50 000 gebruikt (figuur 2-4). De kwaliteit van het grondwater is in dit holocene gedeelte van Nederland in de termen van NATLES als hard te kwalificeren. Wanneer dit water de bovengrond kan bereiken gaat NATLES uit van een basische of zwak zure standplaats. Als dat niet het geval is, wordt aangenomen dat de standplaats zuur is. Het beheer wordt verondersteld volledig te zijn afgestemd op de vegetatietypen waarvoor de geschiktheid wordt berekend.

3.7 Geschiktheid voor landbouw

Voor het gebied rond Linschoten wordt op een eenvoudige wijze aangegeven in hoeverre het bij de verschillende peilstrategieën en klimaatscenario's nog geschikt is voor landbouw. Voor een uitgebreider onderzoek naar de economische gevolgen van peilveranderingen in een veenweidegebied wordt verwezen naar een maatschappelijke kosten-baten analyse van Bos en Vogelzang (2006). Zij hebben gekeken naar de gevolgen voor landbouw, waterbeheer, natuurwaarden, bewoning en recreatie in polder Zegveld. Daarnaast heeft in de Krimpenerwaard een onderzoek plaatsgevonden naar de effecten van verminderde drooglegging op de economische gevolgen voor de landbouw cq. de melkveebedrijven in veenweidegebieden (Hoving en de Vos, 2007). Uit dit laatste onderzoek blijkt dat vernatting van melkveebedrijven van 50 ha mogelijk is als er voldoende variatie in de drooglegging tussen de percelen aanwezig is en er voldoende goed ontwaterde percelen zijn. Voor het gebied rond Linschoten is de werkwijze van Hoving en de Vos op een versimpelde manier toegepast. In plaats van de 4 droogleggingsklassen die zijn onderscheiden (0 cm, 0-30 cm, 30-50 cm, > 50 cm) is hier van 2 klassen uitgegaan (meer of minder dan 30 cm). De verhouding tussen de oppervlaktes die in de droogleggingsklassen vallen geven aan hoe nat een bedrijf is. Als meer dan 50% van bedrijfsareaal het aan het criterium van de klassen 30-50 en > 50 cm voldoet, is er voldoende variatie en zijn er voldoende goed ontwaterde percelen. Om praktische redenen is het niet haalbaar om naar afzonderlijke bedrijven of naar gebieden met een oppervlaktes van elk 50 ha te kijken. Daarom is in het klei-op-veen gebied als geheel naar de drooglegging gekeken.

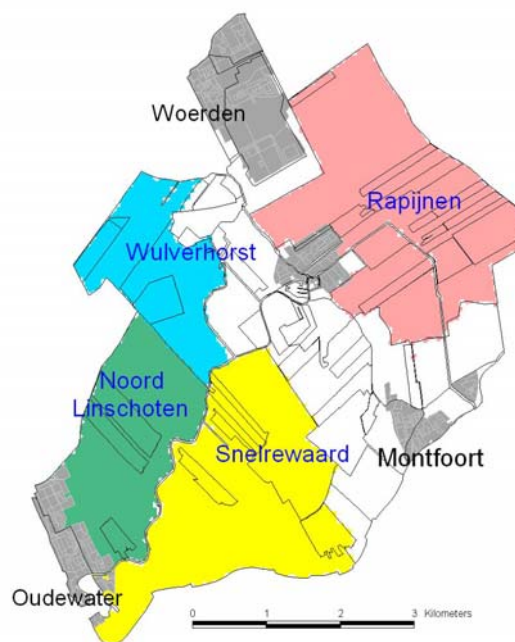
Hoving en de Vos gaan er van uit dat de drooglegging in de winter en zomer hetzelfde is, maar in het studiegebied is dat vaak niet het geval. Hier is voor de drooglegging in de winter gekozen omdat de draagkracht aan het aan het einde van de winter een belangrijke maatstaf is voor de bewerkbaarheid van een perceel.

3.8 Uitgevoerde analyses

3.8.1 Waterpeilstrategieën

Behalve voor de actuele peilsituatie zijn ook analyses uitgevoerd voor vier waterpeilstrategieën in het interessegebied. Er is een splitsing gemaakt tussen peilvakken die (overwegend) uit klei-op-veen bestaan en peilvakken met uitsluitend kleigronden. De waterpeilstrategieën zijn alleen voor de klei-op-veengronden

toegepast, met uitzondering van peilvakken die bebouwd zijn omdat daar onvoldoende mogelijkheden zijn om peilen op te zetten. Om die reden valt de afwateringseenheid Snel & Polanen in het noorden in zijn geheel af. In figuur 3-16 staat aangegeven waar de peilstrategieën worden toegepast. In totaal gaat het om 2085 ha, verdeeld over de afwateringseenheden Rapijnen (738 ha), Snelrewaard (642 ha), Noord Linschoten (415 ha) en Wulverhorst (290 ha).



Figuur 3-16 Peilvakken binnen vier afwateringseenheden waarvoor peilstrategieën zijn toegepast.

Voor elk van de strategieën wordt uitgegaan van een peilregime met een zomerpeil van 30 cm en een winterpeil van 40 cm beneden de gemiddelde maaiveldhoogte van de peilvakken. De verwachting is dat dit peilregime gemiddeld genomen nattere omstandigheden oplevert, en dat er daardoor ook een geringere maaiveld daling zal optreden.

Alle peilstrategieën zijn doorgerekend voor een periode van 45 jaar. Om daarbij een realistisch beeld te hebben van de wisselingen in de weersgesteldheid zijn de weersgegevens van 1950-1995 van De Bilt gebruikt. De polderpeilen worden in de modelberekeningen gedurende de hele periode niet aangepast aan de dalende bodem, en ook de grondwaterontrekkingen bij Woerden en Linschoten blijven gelijk. Verder is steeds uitgegaan van een onveranderd landgebruik.

De maaiveldhoogte cq. drooglegging is jaarlijks gecorrigeerd voor de maaiveld daling. De daling worden per 15 jaar gesommeerd voor nieuwe SIMGRO-invoer en voor de presentatie.

In tabel 3-5 staat een overzicht van de peilstrategieën. Strategie 0 wordt met de (actuele) peilen doorgerekend die ook voor het referentiemodel zijn gebruikt. De

peilen worden niet meer gewijzigd. Na verloop van tijd zal dan de drooglegging op veel plaatsen niet meer optimaal zijn volgens landbouwkundige normen.

Voor de strategieën 1 en 2 worden zomerpeilen verhoogd tot 30 en winterpeilen tot 40 cm beneden maaiveld. In feite verschilt alleen de indeling in peilgebieden:

1. De huidige indeling met polders en onderbemalingen
2. De afwateringseenheden Wulverhorst, Noord Linschoten, Snelrewaard en Rapijnen.

Strategie 2 wordt in strategie 3 uitgebreid met toepassing van ‘onderwaterdrains’ die er in droge periodes voor moeten zorgen dat het maaiveld minder snel zakt. Via de drains kan er een snelle watertoevoer naar het midden van de percelen plaatsvinden en zakken de grondwaterstanden daar minder ver uit. Anderzijds zorgen onderwaterdrains er in natte perioden voor dat hoge grondwaterstanden beter worden afgetopt. Er zijn wel randvoorwaarden verbonden aan de toepassing van onderwaterdrains. Bij slootpeilen hoger dan 30 cm beneden maaiveld zijn ze ongewenst omdat dan vooral de dierlijke meststoffen snel naar het oppervlaktewater kunnen uit- en afspoelen. Bij peilen dieper dan 60 cm beneden maaiveld kunnen onderwaterdrains de diepere veenbodem laten uitloggen¹. Verondersteld is dat de drains onder het laagste slootpeil liggen. Als onderlinge afstand is 4 m aangehouden. Alleen bij kleine afstanden zijn drains in het veengebied effectief (pers. mededeling Van den Akker, Alterra). Voor de drainageweerstand is 27 dagen genomen. Deze weerstand is berekend aan de hand van onderzoek op proefboerderij Zegveld (pers. meded. R. Hendriks, Alterra). Bij de aanwijzing van de gedraineerde gebieden zijn gebiedjes van enkele hectares niet meegenomen en is de begrenzing wat afgerond (figuur 3-17).

Tabel 3-5 Overzicht van de peilstrategieën

<i>Aanduiding</i>	<i>Indeling peilvakken</i>	<i>Peil zp/wp (cm)</i>	<i>Onderwater- drains</i>	<i>Waterinlaat</i>
0	Actueel	Actueel (referentie)	Nee	Ja
1	Actueel*)	-30/-40	Nee	Ja
2	4 peilgebieden*)	-30/-40	Nee	Ja
3	4 peilgebieden*)	-30/-40	Ja	Ja
4	4 peilgebieden*)	-30/-40	Nee	Nee

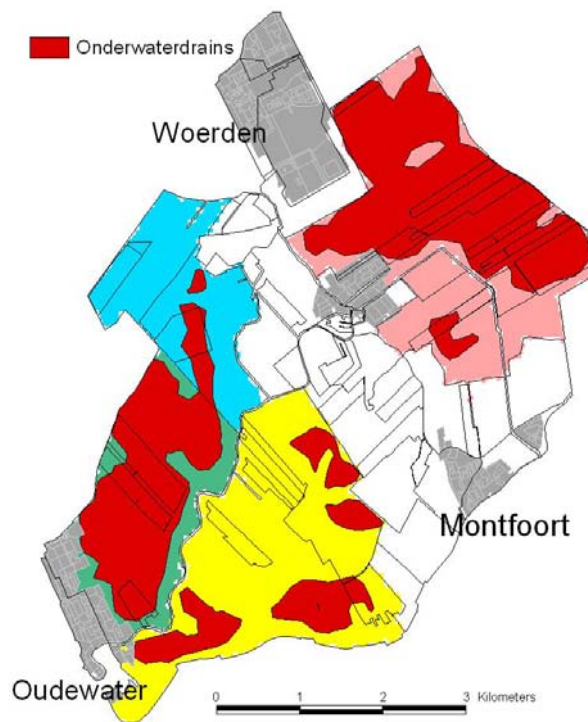
*) alleen voor de klei-op-veengebieden

Door de maaiveldddaling zal de drooglegging geleidelijk, gedurende de periode van 45 jaar afnemen. Een gedeelte wordt op den duur te nat voor toepassing van onderwaterdrains en anderzijds zal een gedeelte van het gebied dat eerder te droog was wel voor drainage in aanmerking komen. Daarmee is in de uitgevoerde analyses verder geen rekening gehouden.

In strategie 4 wordt de situatie van strategie 2 gevolgd (per afwateringseenheid 1 peilgebied), maar er wordt geen water meer ingelaten om de grondwaterstand op peil

¹ In de Zegveldstudie is nog van 70 cm uitgegaan, maar dat blijkt bij nader inzien te hoog (pers. meded. Hendriks)

te houden. In de winter wordt een buffervoorraad water opgebouwd door het winterpeil 30 cm te verhogen, dus tot 10 cm-mv. Strategie 4 is bedoeld om de gevolgen voor de grondwaterstand en maaiveld daling in beeld te brengen als geen gebiedsvreemd water in het gebied wordt ingelaten.



Figuur 3-17 Onderwaterdrains in strategie 3

3.8.2 Klimaatscenario's

Door het KNMI zijn in 2006 klimaatscenario's uitgebracht die een beeld geven van de veranderingen in temperatuur, neerslag, verdamping, wind en zeespiegel rond het jaar 2050 (KNMI, 2006). In totaal zijn 4 scenario's gepresenteerd. Voor deze studie zijn de scenarios gekozen met de minste en met de meeste veranderingen ten opzichte van het huidige klimaat, om de bandbreedte van de gevolgen van het veranderende klimaat aan te geven. In tabel 3-6 staat een samenvatting van de belangrijkste veranderingen. Het gematigde scenario gaat uit van een wereldwijde temperatuurstijging van 1°C en ongewijzigde luchtstromingspatronen in West Europa (scenario G). In de zomer valt wat meer neerslag en is ook de verdamping wat hoger. Het warme scenario gaat uit van een wereldwijde temperatuurstijging van 2°C en een andere luchtcirculatie (scenario W+). Daardoor worden de winters zachter en natter door meer westenwind. De zomers worden aanzienlijk warmer en droger door meer oostenwind.

De hogere temperatuur heeft tot gevolg dat de oxidatie van veen toeneemt waardoor de maaiveldddaling ook zal toenemen. De toename van de maaiveldddaling is berekend met een factor f uit vergelijking (Tate, 1989):

$$f = Q_{10}^{((T-T_r)/10)} \quad \text{met:}$$

T = nieuwe temperatuur

T_r = referentietemperatuur

Q_{10} = factor, met voor veen de waarde 3 (Hendriks, 1991).

Tabel 3-6 Veranderingen in het klimaat in 2050 volgens 2 klimaatscenario's (KNMI, 2006)

	Scenario G (gematigd)	Scenario W+ (warm)
Algemeen		
Wereldwijde temp.stijging	+ 1°C	+ 2°C
Verandering luchtcirculatie	Nee	Ja
Zomer		
Gem. temperatuur	+ 0,9°C	+ 2,8°C
Gem. hoeveelheid neerslag	+3%	-19%
Aantal natte dagen ($\geq 0,1\text{mm}$)	-2%	-19%
Potentiële verdamping	+3%	+15%
Winter		
Gem. temperatuur	+ 0,9°C	+ 2,3°C
Gem. hoeveelheid neerslag	+4%	+14%
Aantal natte dagen ($\geq 0,1\text{mm}$)	0%	+2%

De effecten van de klimaatsverandering worden voor de referentiesituatie berekend. Daarvoor wordt de referentiesituatie met andere hoeveelheden neerslag en verdamping en de aangepaste relatie tussen grondwaterstand en maaiveldddaling uit tabel 3-3 doorgerekend. In vergelijking met de maaiveldddaling voor het huidige klimaat neemt de daling voor klimaatscenario G toe met 10% en voor scenario W+ met 35%. Er wordt verder geen rekening gehouden met neveneffecten van klimaatsverandering, zoals veranderingen van de stijghoogtes in de watervoerende pakketten, de effecten van CO₂ op de verdamping en de beschikbaarheid van inlaatwater.

4 Resultaten modelanalyses

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de modelberekeningen die zijn uitgevoerd voor de peilstrategieën en klimaatscenario's die in hoofdstuk 3.8 zijn beschreven. Om daarbij ook de wisselvalligheid in het weer per jaar mee te kunnen nemen zijn zoveel mogelijk lokaal verzamelde weersgegevens gebruikt. De berekeningen zijn uitgevoerd voor 3 periodes van elk 15 jaar. Voor deze periodes, die hier verder zijn aangeduid met 1, 2 en 3, zijn weergegevens van respectievelijk 1950-1965, 1966-1980 en 1981-1995 gebruikt. Voor de berekeningen is uitgegaan van de maaiveldshoogte anno 2005. Omgezet naar de toekomst geven de periodes dus een beeld van de situatie in 2005-2019, 2020-2034 en 2035-2049. De klimaatscenario's zijn gebaseerd op 2050.

4.1 Diep grondwater en kwel

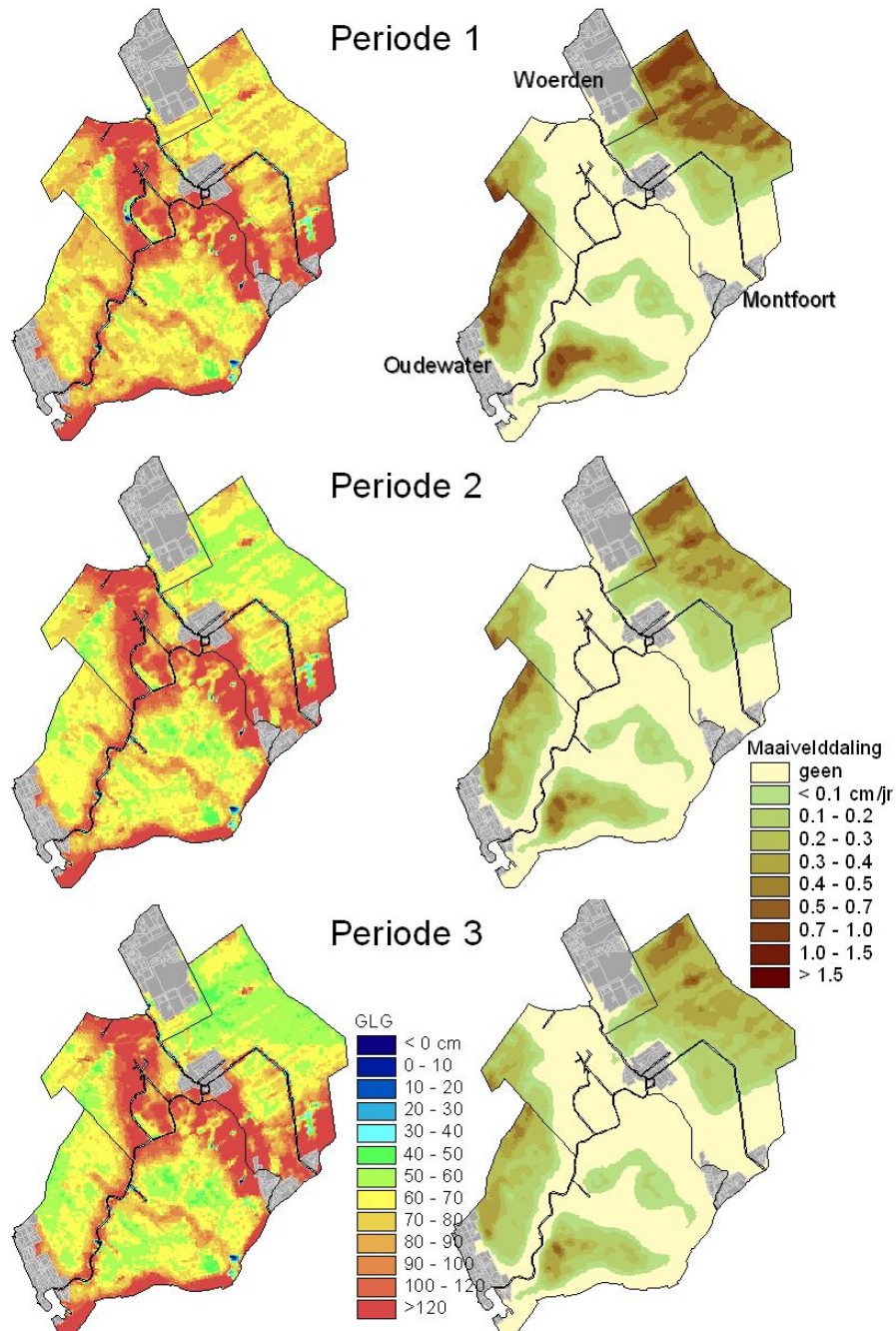
De stijghoogte van het 1^e en 2^e watervoerende pakket neemt af in noordwestelijke richting en wordt vooral regionaal bepaald door de peilen in droogmakerijen die buiten het modelgebied liggen. De grondwaterwinning bij Woerden zorgt voor plaatselijke verlaging van de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket, en de winning bij Linschoten in het 2^e watervoerende pakket. Van deze laatste winning werkt de verlaagde stijghoogte ook door in het 1^e watervoerende pakket waardoor in een ruime omgeving wegzijging van grondwater uit het freatisch pakket optreedt. De onttrekkingen blijven bij alle peilstrategieën ongewijzigd, en aangezien de (netto) wegzijging vanuit het freatische grondwater bij alle strategieën ook nauwelijks wijzigt, is het isohypsenpatroon zoals dat voor de referentiesituatie is geschetst (figuur 3-7) ook voor de overige doorgerkende peilstrategieën van toepassing.

Het kwel- en wegzijgingspatroon voor de autonome ontwikkeling zonder peilaanpassing (peilstrategie 0) komt overeen met dat voor de referentiesituatie (figuur 3-9). De verschillen in polderpeilen maken dat er plaatselijk kwel optreedt, maar aangezien bij alle strategieën met een hoger freatisch peil wordt gerekend, neemt de kwel af en de wegzijging toe. Bij de strategieën met grotere peilvakken is het kwel/wegzijgingspatroon gelijkmatiger. Alleen op plekken waar in de zomer het grondwater diep wegzakt, treedt nog kwel op. In strategie 5, waarin geen water wordt ingelaten en de grondwaterstand in de zomer diep wegzakt, treedt in de zomer de meeste kwel op. In de winter wordt hier het peil extra hoog opgezet, en dat resulteert weer in een grotere wegzijging.

4.2 Freatisch grondwater en maaiveldddaling

In figuur 4-1 staat de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en de gemiddelde daling van het maaiveld in de 3 tijdvakken van 15 jaar voor de autonome ontwikkeling zonder peilaanpassing (peilstrategie 0). De maaiveldddaling is een goede

afspiegeling van de GLG. De GHG is niet opgenomen omdat die vrijwel altijd hoog is en de verschillen klein zijn. De maaiveldaling wordt kleiner dicht bij de randen van het veen waar het onder een steeds dikkere kleilaag uitwigt. De opeenvolgende perioden in figuur 4-1 laten zien dat de GLG in de loop van de tijd afneemt en dat de maaiveldaling vermindert. Omdat de laagste delen natter worden en de hoogste delen droger worden en dus sneller blijven zakken, nivelleren de verschillen in maaiveldhoogte.



Figuur 4-1 Gemiddeld laagste grondwaterstand en gemiddelde daling in 3 opeenvolgende perioden van 15 jaar voor de uitgangssituatie (strategie 0)

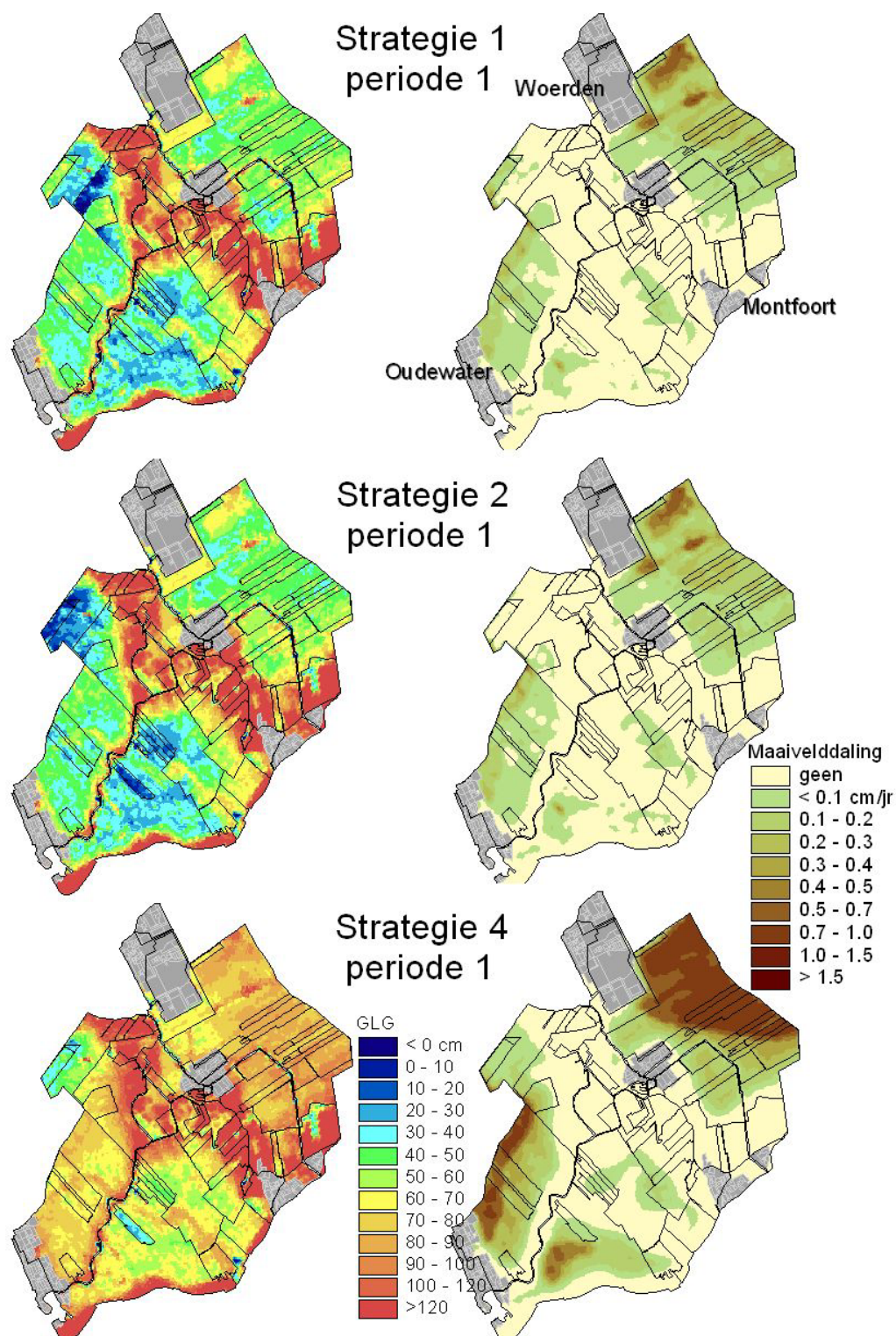
In figuur 4-2 staat de GLG en gemiddelde maaiveldddaling in de eerste periode van 15 weerjaren afgebeeld zoals die berekend is voor de peilstrategieën 1, 2 en 4. De onderwaterdrains in strategie 3 worden apart besproken (figuur 4-3).

In vergelijking met de referentiesituatie (fig. 4-1, periode 1) is strategie 1 natter. Voor deze strategie is uitgegaan van een zomerpeil van 30 cm onder de gemiddelde maaiveldhoogte. Hoe groter het hoogteverschil binnen een peilvak is, des te groter is het verschil tussen de droogste en de natste plek binnen dat peilvak. Dat is met name het geval in de eenheden Snelrewaard, Noord Linschoten en Wulverhorst, waar in peilvakken met een veenondergrond ook de (hogere) plekken zonder veen te vinden zijn. De grondwaterstand is daar in de laagste delen's zomers vaak minder diep dan de afdekkende kleilaag dik is, waardoor het maaiveld op de meeste plekken helemaal niet daalt. In afwateringseenheid Rapijnen zijn de hoogteverschillen minder groot. De maaiveldddaling is daardoor ruimtelijk gezien wat gelijkmatiger, maar in absolute zin is de maaiveldddaling niet groot.

Strategie 2 gaat per afwateringseenheid uit van één peilvak voor de klei-op-veengronden. Omdat de oppervlakttes van deze peilvakken betrekkelijk klein zijn (291 – 737 ha) en er geen grote hoogteverschillen tussen de oorspronkelijke peilvakken zijn, is er een grote overeenkomst met de uitkomsten van strategie 1. Een paar onderbemalingen in Snelrewaard en Wulverhorst hebben wel een lagere maaiveldshoogte. Die zijn daardoor duidelijk natter.

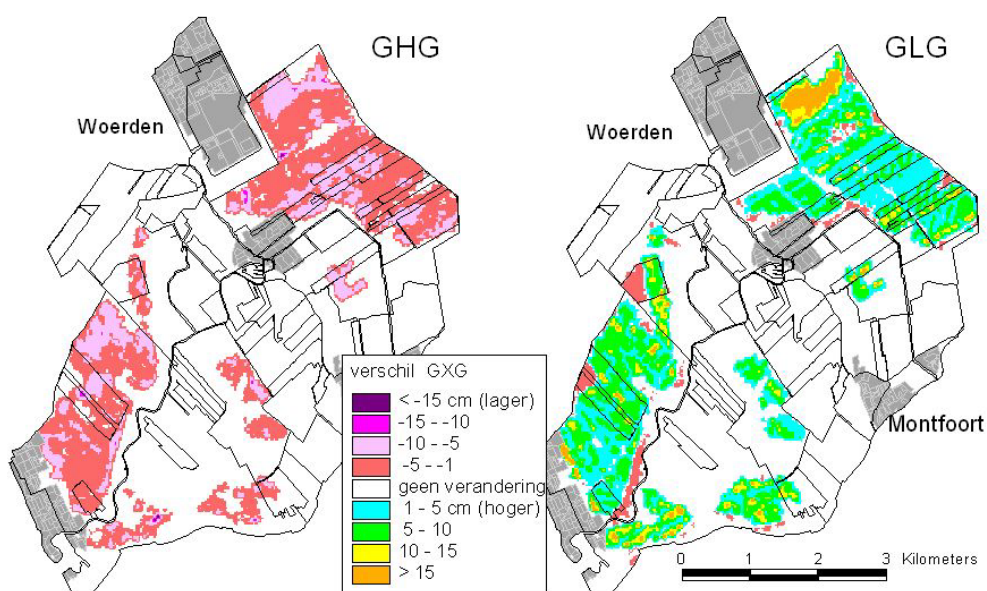
Omdat de maaiveldsdaling in de strategieën 1 en 2 (en 3) erg klein is, wijzigt de GLG in de periodes 2 (na 15 – 30 jaar) en 3 (na 30 – 45 jaar) op de meeste plaatsen nauwelijks.

Bij strategie 4 wordt geen water vanuit de boezem ingelaten. De opgebouwde buffervoorraad tot een GHG van 10 cm onder maaiveld in de winter is duidelijk onvoldoende om te voorkomen dat de grondwaterstand in de zomer diep uitzakt als gevolg van wegzijging en verdamping. De maaiveldddaling is navenant groot. De sterke maaiveldddaling maakt dat het in periode 2 en 3 wel natter wordt.

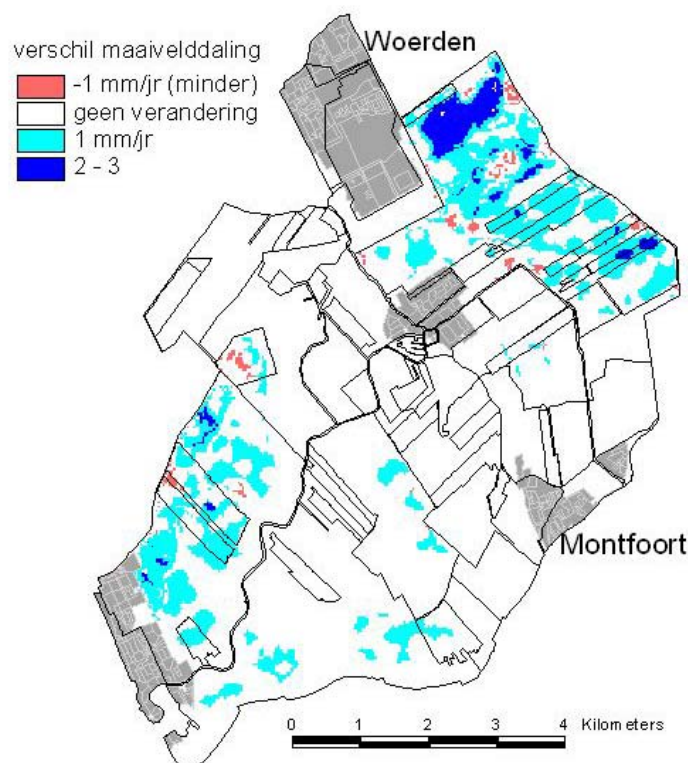


Figuur 4-2 Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde maaiveld daling in de 1^e periode van de strategieën 1, 2 en 4

De aanwezigheid van onderwaterdrains in strategie 3 heeft in vergelijking met de strategie zonder drains (strategie 2) een lagere GHG en een hogere GLG tot gevolg (figuur 4-3). Gemiddeld genomen wordt de GHG ongeveer 5 cm lager en stijgt de GLG met ruim 5 cm. Omdat vooral de GLG invloed heeft op de daling is de gemiddelde daling in een jaar minder groot dan in de strategie zonder drains. In absolute zin is de afname echter klein (fig. 4-4). In het noorden van het interessegebied, ten oosten van de uitbreiding van Woerden, is de afname van bodemdaling door onderwaterdrainage met 2 à 3 mm/jaar het grootst. Dat is een halvering van maaiveldddaling in de situatie zonder onderwaterdrains. In tegenstelling tot de rest van de gedraineerde gebieden zijn de omstandigheden hier optimaal: een dun kleidek en wegzijging. Ten opzichte van laagveengebieden zonder kleidek zijn de effecten echter klein. Onder optimale omstandigheden kan een regelmatig voorkomende daling van 10 mm/jaar daar als gevolg van onderwaterdrains halveren tot 5 mm/jaar.



Figuur 4-3 Verschil in GHG en GLG tussen strategie 2 en strategie 3 (resp. zonder en met onderwaterdrains) in de eerste periode van 15 jaar. Door de aanwezigheid van drains wordt de GHG lager en de GLG hoger.



Figuur 4-4 Gemiddelde verandering maaiveld daling door onderwaterdrains in de eerste periode van 15 jaar.

4.3 Wateraanvoer en waterafvoer

Voor alle strategieën is per afwateringseenheid de hoeveelheid water berekend die op de boezem wordt uitgemalen en wordt ingelaten. Omdat bij 3 van de 4 eenheden een substantiële oppervlakte wordt ingenomen door hoger gelegen kleigronden zijn de hoeveelheden uitgemalen en ingelaten water voor de hele afwateringseenheden berekend en voor het gedeelte met klei-op-veen waar de peilstrategieën zijn toegepast. Tabel 4-1 laat een overzicht zien van de oppervlaktes met en zonder veen.

Tabel 4-1 Gemiddelde afvoer per jaar en aanvoer in het zomerhalfjaar (in mm) in 3 opeenvolgende periodes van 15 jaar.

AFWATERINGSEENHEID		OPPERVLAKTE	PEILVAKKEN MET VEEN
		(ha)	(ha)
1	(Rapijnen)	970	737
2	(Snelrewaard)	990	643
3	(Noord Linschoten)	416	416
4	(Wulverhorst)	465	291
TOTAAL		2841	2086

In bijlage 2 staat een uitgebreid overzicht van de af- en aanvoer van alle afwateringseenheden en alle periodes. Bij de peilvakken zonder veen in de ondergrond blijven aan- en afvoer gelijk², waardoor de verschillen tussen de

² Mogelijk wel in de zone die grenst aan de peilvakken met een gewijzigd peilregime

scenario's het gevolg zijn van de veranderingen in de klei-op-veengebieden. In tabel 4-2 staat de aan- en afvoer van de peilvakken met veen in de ondergrond in de afwateringseenheden Rapijnen en Snelrewaard. Rapijnen is gekozen omdat er overwegend wegzijging optreedt, en Snelrewaard omdat er op veel plekken (in de referentiesituatie) sprake is van kwel.

Bij wegzijging is de afvoer kleiner dan bij kwel en voor de aanvoer geldt het omgekeerde. Tabel 4-2 laat verder zien dat bij alle strategieën de hoeveelheid uitgeslagen water en inlaatwater toeneemt van periode 1 naar periode 3. Weliswaar is in periode 1 gemiddeld de minste neerslag gevallen, maar de belangrijkste oorzaak is dat de berging cq. buffering in de onverzadigde zone in de opeenvolgende periodes wat afneemt omdat het slootpeil niet meer wordt aangepast aan de maaiveldaling. Daardoor reageert de grondwaterstand sneller op een neerslagoverschot of -tekort.

De afvoeren van de strategieën 0, 1, 2 en 3 verschillen binnen dezelfde periode weinig van elkaar. De onderwaterdrains in strategie 3 hebben ten opzichte van de strategie zonder onderwaterdrains (2) een iets grotere aan- en afvoer tot gevolg. Omgerekend naar de netto oppervlakte met onderwaterdrains gaat het bij Rapijnen in periode 1 om een toename van 33 mm en bij Snelrewaard om een toename van 23 mm. De afvoer bij strategie 4 is veruit het kleinst. Hier wordt 's winters een buffervoorraad opgebouwd waardoor het neerslagoverschot vermindert. Verder wordt er geen water ingelaten en daalt de grondwaterstand in de zomer diep weg waardoor een grotere berging ontstaat.

Tabel 4-2 Waterafvoer en -aanvoer in de peilvakken met veen in de ondergrond in de afwateringseenheden Rapijnen en Snelrewaard in de perioden 1 en 3

Afw.eenheid Strategie	Afvoer (mm)				Aanvoer (mm)			
	Rapijnen		Snelrewaard		Rapijnen		Snelrewaard	
	Per.1	Per.3	Per.1	Per.3	Per.1	Per.3	Per.1	Per.3
0	308	354	351	390	80	102	66	80
1	288	327	326	360	133	150	120	140
2	293	332	328	363	136	151	123	141
3	313	343	333	367	155	166	129	147
4	162	170	219	248	0	0	0	0

Bij de strategieën 1, 2 en 3 is de aangevoerde hoeveelheid water veel groter dan in de referentiesituatie. Bij Snelrewaard, waar door het verhogen van de peilen kwel verandert in wegzijging, is de toename van de hoeveelheid aangevoerd water het grootst. Onderwaterdrains zorgen in Rapijnen voor een extra wateraanvoer in periode 1 van 14 % ten opzichte van dezelfde strategie zonder drains. Omgerekend naar de netto oppervlakte van Rapijnen waar de onderwaterdrains liggen, gaat het een toename van 23%. In Snelrewaard is de toename voor de plekken met onderwaterdrains ongeveer even groot. In kwelsituaties, zoals bij Snelrewaard plaatselijke het geval is, hebben onderwaterdrains geen toegevoegde waarde omdat het kwelwater zonder drains ook tot een hogere grondwaterstand zou leiden.

In extreme weersituaties is de winterafvoer 30% groter dan de jaarafvoer uit tabel 4-2. De wateraanvoer neemt in zeer droge zomers in alle strategieën (uitgezonderd strategie 4) en in alle periodes toe met 50 à 60 mm. De waterbehoefte is groter, maar de aanvoercapaciteit kan dan een belemmering vormen.

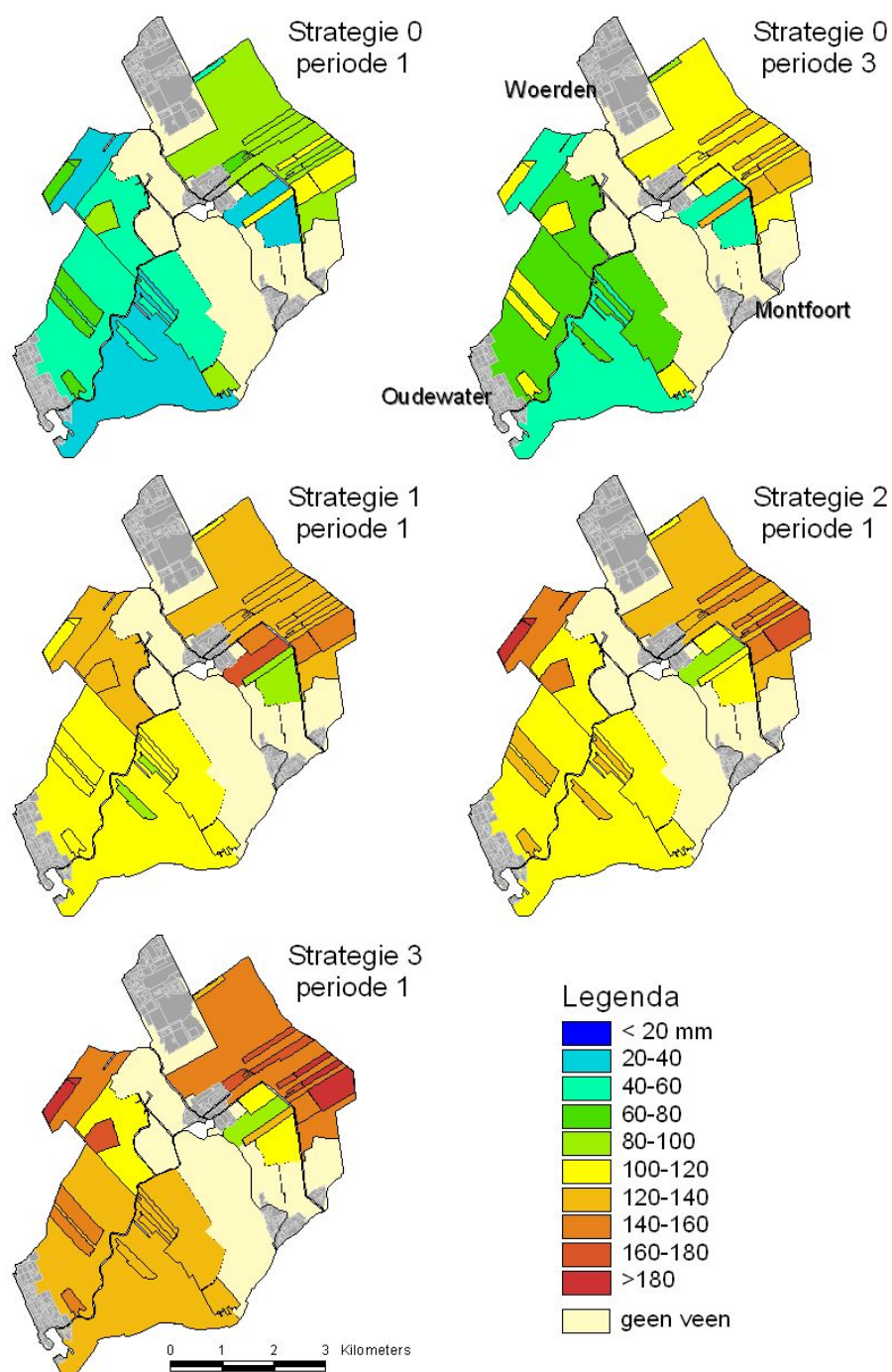
4.4 Waterverdeling

In figuur 4-5 staat de verdeling van het inlaatwater over de afzonderlijke peilvakken. Hoewel de peilvakken bij de strategieën 2 en 3 zijn samengevoegd is dat daar ook voor de ‘oorspronkelijke’ peilvakken gedaan om een goede vergelijking met de andere strategieën te kunnen maken. Strategie 4 is niet afgebeeld omdat daar geen water wordt ingelaten.

Figuur 4-5 laat zien dat:

- in de oostelijke helft van het gebied, waar de peilvakken liggen met de grootste wegzijging, de waterinlaat bij alle strategieën het grootst is;
- tussen de waterinlaat in de perioden 1 en 3 van strategie 0 de toename van waterinlaat evenwichtig verdeeld is;
- vergroting van de peilvakken (strategie 1 naar strategie 2) tot een toename van de inlaat in de wat lager gelegen peilvakken met onderbemalingen leidt;
- onderwaterdrains (strategie 2 naar strategie 3) een grotere waterinlaat tot gevolg hebben. De toename vindt plaats op de plekken waar de drains liggen, maar in figuur 4-5 is dat niet zichtbaar omdat die toename is uitgemiddeld over alle peilvakken waar drains voorkomen.

Het inlaatwater stroomt vanuit de boezem via de inlaatpunten en de waterlopen naar de verschillende peilvakken. Tijdens het inlaten heeft het water bij de inlaatpunten een samenstelling die overeenkomt met het boezemwater. Afhankelijk van de infrastructuur en de watervraag neemt ook verder in het gebied het aandeel gebiedsvreemd water toe. Bij een aandeel oppervlaktewater in de afwaterings-eenheden met veen in de ondergrond van 10% en een gemiddelde waterdiepte in de sloten van 60 cm bedraagt de maximale berging in het oppervlaktewater 60 mm. Bij de strategieën 1, 2 en 3 is dat ongeveer de helft van de wateraanvoer in een gemiddelde zomer. In een langdurig droge periode zal dan al gauw in alle waterlopen gebiedsvreemd water kunnen worden aangetroffen.



Figuur 4-5 Verdeling van ingelaten water in een gemiddelde zomer over de peilvakken voor verschillende peilstrategieën

4.5 Nutriënten

De belasting van het oppervlaktewater met de meststoffen stikstof (N) en fosfor (P) zijn berekend voor de plekken waar veen in de ondergrond voorkomt. In tabel 4-3 staan de uitkomsten per strategie aan het begin van de 1^e rekenperiode en in tabel 4-4 na 30 jaar aan het begin van de 3^e periode. In de tabellen staat aangegeven welk percentage wel of niet bemest is. De drooglegging is dan respectievelijk groter of kleiner dan 20 cm. De uitkomsten hebben een relatieve waarde, omdat de berekeningsmethode is opgesteld met gegevens die afkomstig zijn uit de Vlietpolder.

Tabel 4-3 Berekende stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in kg/ha/jr voor verschillende strategieën aan het begin van de eerste rekenperiode

PERIODE 1	0	1	2	Strategie			4
				3		totaal	
				geen drains	wel drains		
bemest (%)	100	84	80	36	48	84	61
niet bemest (%)	0	16	20	14	2	16	39
N uit mest	7,1	9,9	9,5	6,8	6,1	6,5	7,3
N uit depositie	1,6	3,2	3,3	3,0	1,2	2,1	3,6
N uit bodem	16,1	13,2	13,1	13,6	15,3	14,4	12,7
N som	24,6	26,3	25,9	23,4	22,6	23,0	23,6
P uit mest	1,0	1,1	1,1	0,8	0,6	0,7	0,8
P uit depositie	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
P uit bodem	1,9	1,3	1,3	1,5	1,2	1,3	1,3
P som	3,0	2,5	2,5	2,4	1,8	2,1	2,2

Tabel 4-4 Berekende stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in kg/ha/jr voor verschillende strategieën met de maaiveldhoogte aan het begin van de 3^e rekenperiode

Strategie							
PERIODE 3	0	1	2	3	4		
				geen drains	wel drains	totaal	
bemest (%)	99	68	55	25	35	60	44
niet bemest (%)	1	32	45	25	15	40	56
N uit mest	8,3	8,4	6,1	6,8	14,7	10,6	5,0
N uit depositie	1,9	3,5	3,6	3,2	1,4	2,3	4,2
N uit bodem	15,3	12,8	12,7	13,4	14,7	14,0	11,8
N som	25,6	24,7	22,3	23,3	30,7	26,9	21,1
P uit mest	1,1	0,9	0,7	0,8	1,5	1,1	0,6
P uit depositie	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
P uit bodem	1,7	1,3	1,3	1,5	1,1	1,3	1,3
P som	2,9	2,3	2,1	2,4	2,6	2,5	2,1

Figuur 3-15 liet eerder al zien dat de bijdrage van de nutriënten N en P door meststoffen toeneemt naarmate het natter wordt. Anderzijds worden erg natte plekken niet meer bemest, waardoor met de peilstrategieën en tussen de perioden 1 en 3 per saldo de bijdrage uit mest toch kan afnemen. De bijdrage aan N vanuit de bodem neemt in natte gebieden juist af. Voor P is er weinig verschil. De hoeveelheid is hier te hoog ingeschat, omdat geen rekening is gehouden met de aanwezigheid van

het kleidek waarvan de dikte en het gehalte aan organische stof varieert. Voor een situatie met een (minerale) laag van 30 cm zouden bij voorbeeld de bijdragen van N uit mest 20% en P ruim 30% kleiner worden.

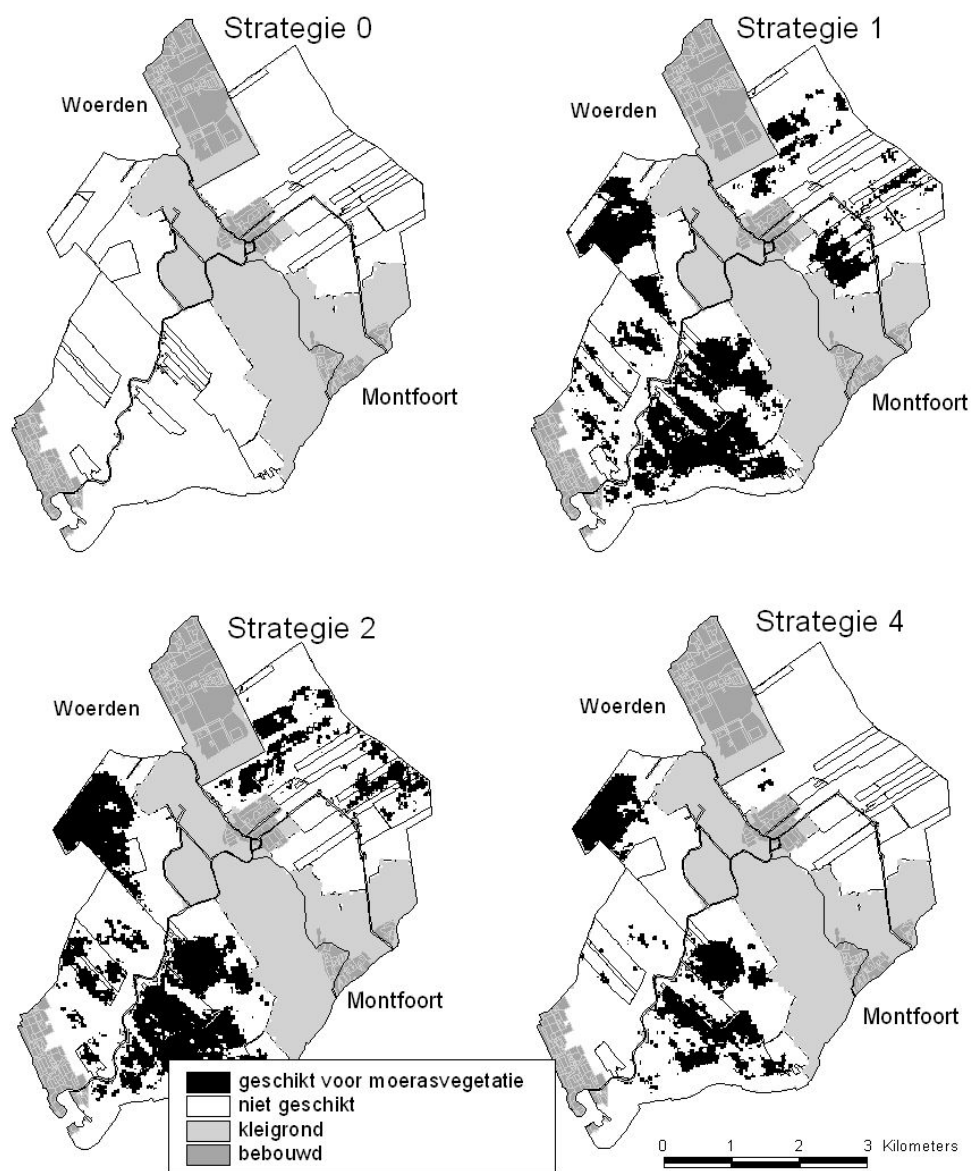
In de tabel zijn voor de strategie met onderwaterdrains (3) de gebieden met en zonder onderwaterdrains ook apart weergegeven. De bijdrage van vooral N via atmosferische depositie aan de belasting van het oppervlaktewater is in de gedraineerde gebieden kleiner dan in de niet gedraineerde gebieden. Dat komt omdat er minder N (en P) oppervlakkig afspoelt en er meer door de vegetatie wordt opgenomen. De bijdrage door omzettingen vanuit de bodem neemt in gedraineerde gebieden wel toe. In periode 3 is het maaiveld gedaald waardoor het wat natter is geworden. De bijdrage van N en P uit mest neemt daardoor toe. Dat komt de draindiepte en drooglegging niet meer optimaal zijn. In een apart onderzoek wordt gedetailleerd aandacht aan onderwatersdrains besteed en komen draindiepte en drooglegging in relatie tot uitspoeling uitgebreid aan bod (van de Akker et al., in prep.). De uitspoeling van N en P uit mest en bodem met een geoptimaliseerde draindiepte zal naar verwachting kleiner zijn dan hier is berekend. Mogelijk is de uitspoeling zelfs minder groot dan onder dezelfde omstandigheden zonder drains het geval is.

4.6 Geschiktheid voor natuur

De klei-op-veengronden in het interessegebied zijn geschikt voor verschillende natuurdoeltypen. Plekken met kwel zijn in principe geschikt voor het vegetatietype 'bloemrijk grasland', maar met de peilstrategieën worden de grondwaterstanden hoger waardoor de kwel wordt weggedrukt en er grotere wegzijgingsgebieden ontstaan. Onder die omstandigheden is het natuurdoeltype moeras beter geschikt. Afhankelijk of er wordt gemaaid, en zo ja op welk tijdstip, kunnen de subtypen moerasbos, riet en biezten of bloemrijk rietland, vorm krijgen. In tabel 4-5 staat het percentage van de veengronden dat geschikt is voor moeras en in figuur 4-6 is de verspreiding ervan weergegeven. Als geschikt zijn aangemerkt alle gebieden die volgens NATLES een geschiktheidspercentage van 75% of hoger hebben. Omdat het maaiveld bij de strategieën 1, 2 en 3 nauwelijks daalt, neemt ook de oppervlakte aan natte gebieden tussen de periodes 1 en 3 nauwelijks toe. Onderwaterdrainage heeft vrijwel geen invloed op de snelheid waarmee het maaiveld daalt omdat de bodemdaling in dit gebied al klein is. In strategie 0 daalt het maaiveld wel meer, maar de drooglegging is nog steeds te groot voor de ontwikkeling van moeras. Strategie 4 neemt een aparte positie in. Daar wordt het slootpeil in de winter weliswaar extra opgezet, maar zakt de grondwaterstand in de zomer diep weg waardoor de grondwaterstand op veel plaatsen te diep is voor moeras. Door de sterke maaiveldsdaling neemt daar het areaal natte gronden in de loop der tijd wel toe.

Tabel 4-5 Oppervlakte van de veengronden dat geschikt is voor het doeltype veenmosrietland

Strategie	Geschikt oppervlak (%)	
	Periode 1	Periode 3
0 – basis	< 1	<1
1 - huidige peilvakken, -30/-40 cm	30	32
2 - 4 peilvakken (klei-op-veen)	32	34
3 - 4 peilvakken (klei-op-veen) met drains	28	34
4 - 4 peilvakken (klei-op-veen) geen waterinlaat	14	25



Figuur 4-6 Geschiktheid voor moeras voor verschillende strategieën in de eerste periode. Voor omschrijving van de strategieën zie hfdst 3.8.

4.7 Geschiktheid voor landbouw

De geschiktheid voor landbouw is gebaseerd op een droogleggingsnorm van 30 cm aan het einde van de winter. Als meer dan 50% van een bedrijf het aan het criterium van > 30 cm voldoet, is er voldoende variatie in drooglegging en zijn er voldoende goed ontwaterde percelen om rendabel te kunnen boeren. Als heel het klei-op-veengebied één bedrijf zou zijn, voldoen de percentages van de oppervlakte die in tabel 4-6 staan aan het criterium van 30 cm.

Met het actuele peilregime (strategie 0) haalt 98% van het gebied in periode 1 het droogleggingscriterium van 30 cm. Na verloop van tijd neemt het percentage langzaam af omdat de maaiveldddaling gering is.

Tabel 4-6 Percentages van het klei-op-veengebied dat aan het einde van de winter een drooglegging van 30 cm of meer heeft.

Strategie/Scenario*	start	na 15 jaar	na 30 jaar	na 45 jaar
0	98	98	97	92
1	61	52	42	35
2	58	47	40	36
3	58	50	43	38
4	16	16	15	15

Strategie 0: actuele peilregime (ca. 2002)

Strategie 1: actuele indeling in peilvakken; met zomerpeil -30 cm en winterpeil -40 cm

Strategie 2: grote peilgebieden; met zomerpeil -30 cm en winterpeil -40 cm tov gem. maaiveld

Strategie 3: Als 2 met onderwaterdrains

Strategie 4: Als 2 zonder waterinlaat, en een winterpeil van -10 cm tov gem. maaiveld

Bij de scenario's 1, 2 en 3, waar de drooglegging in de winter 40 cm bedraagt, zou het hele gebied aan het criterium van 30 cm drooglegging kunnen voldoen, maar binnen de peilvakken komen ook plekken voor die een grotere of kleinere drooglegging hebben dan het gemiddeld. De maaiveldddaling is na 45 jaar minder groot dan bij strategie 0, maar omdat de gemiddelde drooglegging veel kleiner is dan in de referentiesituatie, levert een kleine maaiveldddaling toch een forse afname van het percentage droge gebieden op.

Bij scenario 4 is het percentage gebieden met een drooglegging van meer dan 30 cm bij aanvang al erg klein, omdat daar het winterpeil extra is opgezet. Dat percentage wordt in de loop der tijd nauwelijks meer kleiner. Onderwaterdrains (scenario 3) hebben hier een betrekkelijk klein positief effect. De oppervlakte met een drooglegging groter dan 30 cm is een paar procent groter dan het scenario 2 dat geen onderwaterdrains heeft.

4.8 Gevolgen van klimaatverandering

De gevolgen van klimaatveranderingen zijn doorerekend voor de referentiesituatie. De uitkomsten hebben alleen betrekking op de klei-op-veengronden binnen de 5 afwateringseenheden in het studiegebied.

De klimaatscenario's (tabel 3-6) hebben weinig effect op de wegzijging omdat het stijghoogteverschil tussen het freatische en diepe grondwater niet veel verandert. Verder is de vochtvoorziening voor het grasland vrijwel altijd voldoende waardoor actuele en potentiële verdamping weinig van elkaar verschillen. De gevolgen voor de wateraanvoer en de waterafvoer staan in tabel 4-6. Naast de hoeveelheden in millimeters per zomer en winter in de periodes 1 en 3 zijn ook de procentuele verschillen met de referentiesituatie gegeven.

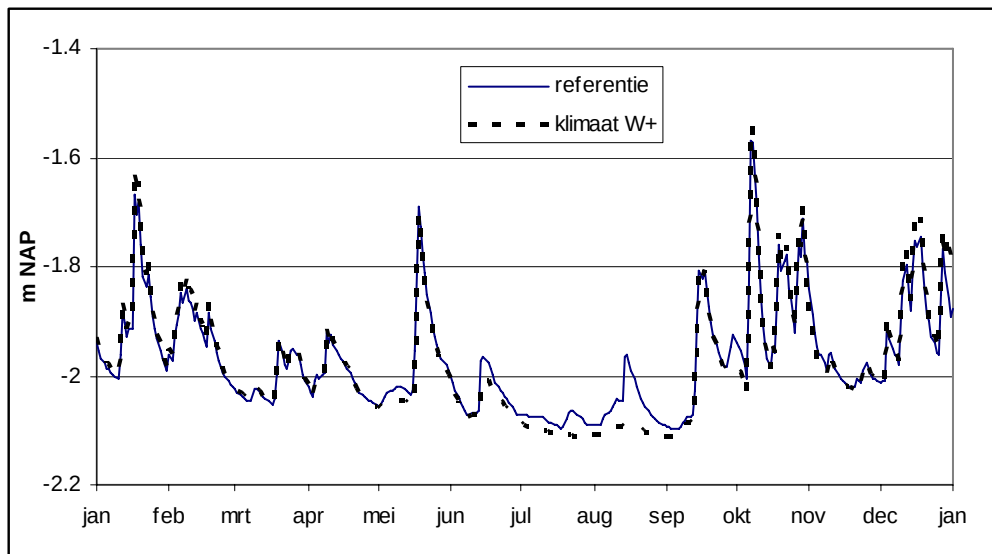
In vergelijking met de referentiesituatie heeft het gematigde klimaatscenario G nauwelijks effect op de aanvoer en de afvoer. In de zomer wordt de toegenomen verdamping gecompenseerd door een wat grotere hoeveelheid neerslag. Het warme klimaatscenario W+ heeft een grotere afvoer in de winter tot gevolg, maar in de zomer is de afvoer juist kleiner. In de zomer is bij W+ 10-20% meer water nodig. In absolute hoeveelheden gaat het om ongeveer een 10 mm.

Tabel 4-6 Waterafvoer en aanvoer in het klei-op-veengebied bij verschillende klimaatscenario's.

	Referentie		Klimaat G		Klimaat W+	
	Periode 1	Periode 3	Periode 1	Periode 3	Periode 1	Periode 3
Afvoer winter / zomer (mm)	343 / 100*)	397 / 104	348 / 106	402 / 104	411 / 95	475 / 87
Idem in % tov referentie			+5 / +6	+5 / 0	+68 / -5	+78 / -17
Aanvoer winter / zomer (mm)	3 / 57	2 / 76	1 / 59	2 / 78	2 / 67	2 / 87
Idem in % tov referentie			-2 / +2	0 / +2	-1 / +10	-1 / +11

*) volgorde getallen: afvoer / aanvoer

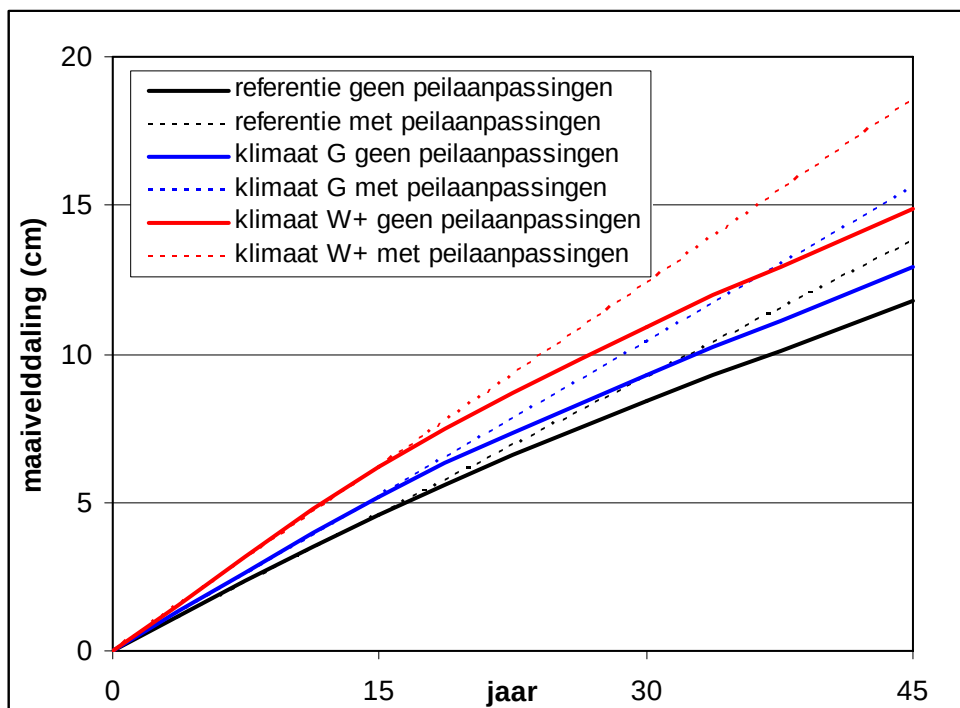
In de winter is er geen verschil in grondwaterstandsverloop tussen de referentiesituatie en de klimaatscenario's. In de zomer is bij scenario G de grondwaterstand ook nauwelijks dieper dan in de referentiesituatie. Maar met scenario W+ wordt de grondwaterstand 's zomers wel dieper (fig. 4-7). In periode 1 neemt de GLG met enkele centimeters toe. De extra hoeveelheid inlaatwater kan volgens de modeluitkomsten onvoldoende doordringen in de percelen om de toegenomen verdamping (+15%) en de kleinere hoeveelheid neerslag (-19%) te compenseren.



Figuur 4-7 Berekende grondwaterstandsverloop in 1955 voor de referentie en klimaatscenario W+

In figuur 4-8 staat voor de komende 45 jaar het verloop van de maaiveldddaling voor de referentiesituatie en de beide klimaatscenario's voor situaties met en zonder peilaanpassingen. De ontwateringsdiepte is in het begin in alle drie gevallen even groot. Zonder peilaanpassingen zou in een situatie zonder kleidek de maaiveldddaling steeds minder worden en zou deze doorgaan tot een ontwateringsdiepte van 0 cm is bereikt. Met een kleidek is de daling minder groot. In theorie zoveel zou geen maaiveldddaling meer optreden als de grondwaterstand niet meer tot in de veenondergrond wegzakt, maar omdat veen ook onder anaerobe omstandigheden wordt afgebroken, de kleilaag meestal humeus is en er ook wat zetting van de klei kan optreden kan er toch nog maaiveldddaling optreden.

Voor de situatie zonder peilaanpassingen is in figuur 4-8 de daling die in de eerste periode is berekend geëxtrapoleerd naar de hele periode van 45 jaar. De daling voor de klimaatscenario's G en W+ is respectievelijk 13% en 35% groter dan in de referentiesituatie. Het grootste gedeelte van de toegenomen maaiveldddaling met klimaatscenario G is toe te schrijven aan de temperatuurstijging (hfdst. 3.7.2). Bij klimaatscenario W+ zijn het temperatuurseffect en de lagere grondwaterstand beide voor ongeveer de helft verantwoordelijk voor de toename in maaiveldddaling.



Figuur 4-8 Maaiveldddaling voor de referentiesituatie en de klimaatscenario's G en W+ voor situaties met en zonder peilaanpassingen in klei-op-veengebied

5 Conclusies

De aanwezigheid van een kleilaag op het veen in het gebied Linschoten maakt dat de effecten van peilstrategieën veel minder uitgesproken zijn dan in het veengebied waar geen kleilaag voorkomt zoals bij Zegveld het geval is.

De kleilaag die in het gebied voorkomt zorgt ervoor dat maaiveldddaling alleen op kan treden als de grondwaterstand in de zomer tot in de veenondergrond wegzakt. In de actuele situatie en de strategie zonder waterinlaat (strategie 0 en 4) komt dat regelmatig voor, maar bij de strategieën waarbij de peilen worden verhoogd (strategieën 1, 2 en 3) is dat veel minder het geval.

Handhaven van de huidige peilvakken, maar verhogen van de peilen tot -30/-40 cm (strategie 1) leidt tot een extra inlaat in de zomer van 50 mm water. 's Winters neemt de afvoer met 25 mm af omdat er meer water wordt geborgen en de wegzijging wat groter wordt.

Vergroten van de peilvakken met veen en verhogen van de peilen tot -30/-40 cm (strategie 2) levert veel meer natter en ook wat meer drogere gebieden op. Wateraan- en afvoer nauwelijks verschillen nauwelijks van strategie 1.

Onderwaterdrains zorgen in vergelijking met strategie 2 voor een kleine toename van de afvoer. Voor de plekken met drains is 23% meer inlaatwater nodig. Door de aanwezigheid van een kleilaag vermindert de maaiveldddaling echter weinig.

Het ontbreekt aan voldoende kennis om uitspraken te kunnen doen over de oppervlaktewaterbelasting met N en P bij de verschillende peilstrategieën. Deze zal voor een belangrijk deel afhangen van de intensiteit van het toekomstig

Door de aanwezigheid van het kleidek zijn de veengebieden in het onderzoeksgebied geschikt voor natuurdoeltypen voor kleigronden maar niet voor doeltypen als veenmosrietland die specifiek op veengronden voorkomen. Als het peil niet wordt aangepast neemt het areaal dat geschikt is voor natte natuurdoeltypen maar langzaam toe omdat de maaiveldddaling gering is.

Het opzetten van het peil in de strategieën 1, 2 en 3 heeft direct een scherpe afname van het areaal droge gronden tot gevolg. Meer dan de helft van het gebied is nog voldoende droog voor de landbouw. Na ongeveer 15 jaar overheersen de (te) natte gronden. Bij strategie 4 zijn de verschillen tussen winter en zomer erg groot. In de winter valt 85% van het gebied in de categorie natte gronden vanwege het hoog opgezette peil. 's Zomers zakt de grondwaterstand diep uit.

De gevolgen voor maaiveldddaling van het minst extreme klimaatscenario (G) zijn in 2050 betrekkelijk klein. De maaiveldddaling is 13% groter dan in de referentiesituatie, hoofdzakelijk als gevolg van de hogere temperatuur. Bij het meest extreme scenario

(W+) is in 2050 's zomers ruim 10% meer inlaatwater nodig. De grondwaterstand zakt desondanks dieper weg. De diepere grondwaterstand en de temperatuurstijging zijn samen verantwoordelijk voor toename van de maaiveldddaling met 35% ten opzichte van de referentie.

Literatuur

- Bal, D., H.M. Beijer, M. Fellingner, R. Haveman, A.F.J.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff, 2001. Handboek Natuurdoeltypen. Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Beuving J. & J.J.H. van den Akker, 1996. Maaiveldddaling van veengrasland bij twee slootpeilen in de polder Zegveldbroek. Rapport 377. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Bont, Chr. de, 1991. Het historisch-geografische gezicht van het Nedersticht. Wageningen, SC-DLO. Rapport 133.
- Bos, E. & T. Vogelzang, 2006. MKBA Peilverandering Polder Zegveld. LEI-Wageningen UR, 's-Gravenhage.
- Boswinkel, J.A. & C.M.L. Cornelissen, 1980. Grondwaterkaart van Nederland. Kaart 30 Oost en 31 West. Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft.
- Cok, J. & M. Pouw, 2007. Onderwaterdrains in veenweidegebieden. Studie naar de regionale gevolgen voor watersysteem, bodemdaling en melkveehouderij. Afstudeeropdracht Hogeschool Larenstein, Velp.
- Griffioen, J., J.G.B. de Louw, H.L. Boogaard & R.F.A. Hendriks, 2002. De achtergrondbelasting van het oppervlaktewatersysteem met N, P en CL en enkele ecohydrologische parameters in West-Nederland. TNO-rapport NITG 02-166A.
- Hendriks, R.F.A., 1991. Afbraak en mineralisatie van veen. Alterra, Wageningen. rapport 199.
- Hendriks, R.F.A., D.J.J. Walvoort & M.H.J.L. Jeuken, 2007. Evaluation of the applicability of the SWAP-ANIMO model for simulating nutrient loading of surface water in a peat land area; Calibration, validation, and system and strategie analysis for a study area in the Vlietpolder. Alterra, Wageningen, rapport 619.
- Hoving, I.E. en J.A. de Vos, 2007. Verminderde drooglegging en melkveebedrijven in de Krimpenerwaard. Praktijkrapport 95. Animal Sciences Group, Lelystad.
- Jansen, P.C., E.P. Querner & C. Kwakernaak, 2007. Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden. Een scenariostudie in het gebied rond Zegveld. Alterra, Wageningen, rapport 1516.
- KNMI, 2006. Klimaat in de 21^e eeuw. Vier scenario's voor Nederland. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt. (www.knmi.nl/klimaat/scenarios)

Negeman, A.J.H., J.W.A. Foppen & F.H. Kloosterman, 1996. Landelijke Hydrologische Systeemanalyse. Deelrapport 3. TNO Grondwater en Geo-Energie, Delft.

Querner, E.P., 1993. Aquatic weed control within an integrated water management framework. Proefschrift Universiteit Wageningen. Report 67, DLO Winand Staring Centrum (nu Alterra). 204 pp.

Rienks, W.A., A.L. Gerritsen, W.J.H. Meulenkamp, F.G.W.A. Ottburg, E.P.A.G. Schouwenburg, J.J.H. van den Akker & R.F.A. Hendriks, 2004. Veenweidegebied in Fryslân – de effecten van vier peilstrategieën. Alterra, Wageningen, rapport 989.

RIZA, 2001. Nationaal Grondwatermodel (NAGROM). RIZA, Lelystad; Tauw, Deventer.

Runhaar J., C.L.G. Groen, R. Van der Meijden & R.A.M. Stevers, 1987. Een nieuwe indeling in ecologische groepen binnen de Nederlandse flora. *Gorteria* 13: 277-359.

Runhaar, J., H. Kuijpers, H.L. Boogaard, E.P.A.G. Schouwenberg & P.C. Jansen, 2003. Natuurgericht Landevaluatiesysteem (NATLES) versie 2. Wageningen, Alterra, rapport 550.

Stiboka, 1969. Bodemkaart van Nederland. Blad 31 West. Stichting voor Bodemkartering. Wageningen.

Stiboka, 1970. Bodemkaart van Nederland. Blad 31 Oost. Stichting voor Bodemkartering. Wageningen.

Tate, R.L., 1989. Soil organic matter. Biological and Ecological Effects. New York, John Wiley & Sons. 291 pp.

Vos, J.A. de, I.E. Hoving, P.J.T. van Bakel, J. Wolf, J.G. Conijn & G. Holshof, 2004. Effecten van peilbeheer in de polders Zegveld en Oud-Kamerik op de nat- en droogteschade in de landbouw. Alterra rapport 987. Wageningen.

Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen, P.J.T. van Bakel, F.J.E. van der Bolt, P.E. Dik, P. Groenendijk, E.P. Querner & M.F.R. Smit, 2004. SIMGRO 5.01. Theory and model implementation. Wageningen, Alterra rapport 913.

Wamelink, G.W.W. & J. Runhaar, 2000. Abiotische randvoorwaarden voor Natuurdoeltypen. Wageningen, Alterra rapport 181.

Wendt, T.A., 2002. Wateropgave deelstroomgebiedsvisie Amstelland. Grontmij, Utrecht.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman & J. Stolte, 1994. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de

Staringreeks. Vernieuwde uitgave 1994. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 18.

WWW.LGN.NL Landgebruik Nedeland

Zagwijn, W.H. & C.J. van Staaldunin, 1975. Toelichting bij Geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijk Geologische Dienst, Haarlem.

Bijlage 1 Maaiveld daling in Zegveld

De maaiveld daling in het veenweidegebied rond Zegveld is tussen de eerste ontginningen die in de 11^e eeuw hebben plaatsgevonden en 1875 is ongeveer 1,50 m geweest, wat neerkomt op een jaarlijkse daling van 1,7 mm. In de periode 1875 – 1965 is de ontwatering verbeterd en als gevolg daarvan is het maaiveld nog eens met 0,5 m gedaald (5,6 mm/jaar).

Op de proefboerderij Zegveld is tussen 1966 en 1992 de daling van het maaiveld in een veenbodem zonder kleidek intensief gemeten bij twee verschillende ontwateringsdiepten. Bij een slootpeil van gemiddeld 0,35 m–mv bedraagt de gemiddelde dalingssnelheid 6,7 mm/jaar en bij diep slootpeil van 0,70 m–mv neemt de snelheid met ruim een factor 2 toe tot 15,8 mm/jr. Een gedeelte van de daling lijkt samen te hangen met (structurele) klink. Deze ligt in de orde van grootte van enkele millimeters per jaar (Beuving en van de Akker, 1996). Meer recente metingen die onder stabielere omstandigheden en iets hogere slootpeilen hebben plaatsgevonden laten een daling zien van 5 mm/jaar op het natte perceel en 12 mm/jaar op het droge perceel (meded. van den Akker, 9/8/06).

Voor de berekening van de daling is een koppeling tussen slootpeilen en daling en tussen grondwaterstanden en daling gemaakt aan de hand van metingen die de afgelopen jaren op de proefboerderij jaarlijks zijn gedaan (interne notitie van den Akker, 2006). De daling is hier gerelateerd aan de het gemiddelde van de 3 laagste grondwaterstanden die jaarlijks wordt berekend uit de grondwaterstanden op de 14^e en 28^e van iedere maand (LG3).

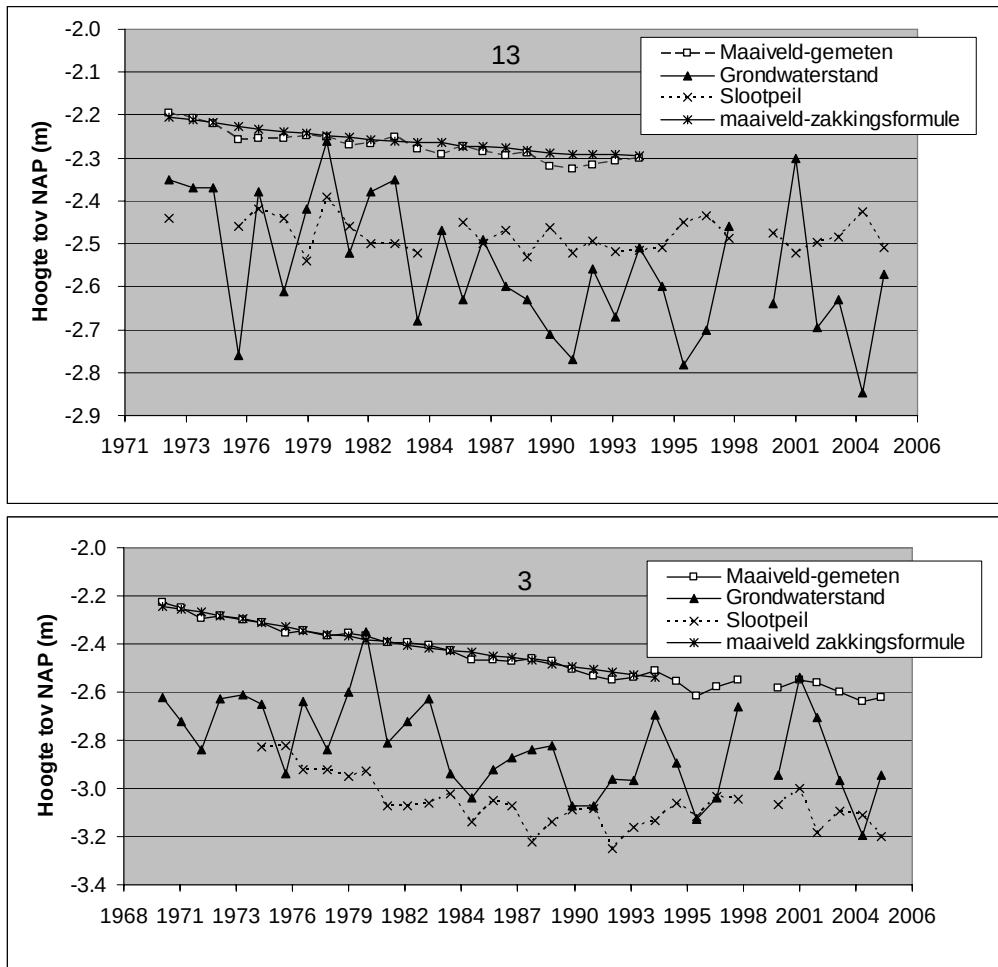
In tabel B2-1 staat de daling voor het eutrofe veentype dat het centrale gedeelte van het interessegebied beslaat.

Tabel B2-1 Daling in millimeters per jaar van eutroof veen op basis van de gemiddeld laagste grondwaterstand in een jaar (LG3). Tussenvallende waarden worden lineair geïnterpoleerd.

grwst. (m.-mv)	daling (mm/jr)	grw.stand (m.-mv)	daling (mm/jr)
0,00	0,0	0,60	7,4
0,10	0,8	0,70	9,8
0,20	1,7	0,80	12,2
0,30	2,6	0,90	14,5
0,40	3,8	1,00	16,9
0,50	5,1	1,20	21,6

Discussie

De maaiveld daling die uit de gemiddeld laagste grondwaterstand van een jaar (LG3) berekend is uit tabel B2-1 is vergeleken met de gemeten zakking op de proefboerderij Zegveld. De metingen worden sinds 1970 in het voorjaar gedaan.



Figuur B2-1 Vergelijking van gemeten en de berekende daling van het maaiveld bij een diep (3) en ondiep (13) ontwaterde meetplek op proefboerderij Zegveld

Om een goede vergelijking te kunnen maken is voor de berekende maaiveldhoogte uitgegaan van de gemeten hoogte op de eerste meetdatum. Als compensatie voor de peilaanpassingen die in werkelijkheid wel (maar in de berekeningen niet) hebben plaatsgevonden is de LG3 jaarlijks gecorrigeerd voor de daling die al heeft plaatsgevonden. Voor de diep ontwaterde meetplek op de proefboerderij (plek 3) is uitgegaan van de maaiveldhoogte (in 1970) van 2,23 m-NAP en voor de ondiep ontwaterde meetplek (plek 13) van 2,20 m-NAP. Figuur B2-1 laat zien dat berekend en gemeten goed overeenkomen. De gemeten dalingen variëren meer als gevolg van zwel en klink die samenhangen met de omstandigheden tijdens de eenmalige meting. In een erg nat voorjaar kan de zwel daardoor zelfs zo groot zijn dat de maaiveldhoogte netto toeneemt.

Bijlage 2 Gemiddelde afvoer per jaar en aanvoer in het zomerhalfjaar (in mm) in 3 opeenvolgende periodes van 15 jaar. Het eerste getal betreft de hele afwateringseenheid, het tweede alleen peilvakken met veen in de ondergrond

	AFVOER				AANVOER		
<i>Strategie *)</i>	<i>periode 1</i>	<i>periode 2</i>	<i>periode 3</i>		<i>periode 1</i>	<i>periode 2</i>	<i>periode 3</i>
1 RAPIJNEN							
0	308 / 406	319 / 421	354 / 466		80 / 79	87 / 89	102 / 105
1	293 / 386	304 / 401	334 / 440		119 / 124	125 / 140	137 / 154
2	297 / 391	308 / 406	338 / 445		121 / 134	127 / 143	138 / 155
3	312 / 411	320 / 421	346 / 456		135 / 152	140 / 160	149 / 169
4	201 / 264	212 / 279	219 / 289		19 / 0	19 / 0	21 / 0
2 SNELREWAARD							
0	351 / 540	359 / 553	390 / 600		66 / 44	69 / 50	80 / 61
1	333 / 512	340 / 424	368 / 567		106 / 116	111 / 123	124 / 136
2	334 / 514	341 / 525	370 / 569		108 / 118	113 / 125	125 / 138
3	338 / 521	345 / 531	373 / 574		112 / 124	117 / 130	129 / 143
4	254 / 391	266 / 409	286 / 441		34 / 0	34 / 0	37 / 0
3 NOORD LINSCHOTEN							
0	370	382	414		51	61	75
1	364	375	403		118	129	142
2	364	375	403		117	128	142
3	387	393	417		137	147	157
4	252	263	277		0	0	0
4 WULVERHORST							
0	274 / 439	282 / 451	311 / 496		79 / 46	80 / 51	90 / 62
1	249 / 397	253 / 405	280 / 447		128 / 115	128 / 135	139 / 148
2	247 / 395	251 / 401	277 / 443		127 / 131	126 / 132	137 / 144
3	249 / 397	252 / 403	279 / 445		129 / 134	147 / 135	139 / 147
4	163 / 261	175 / 279	189 / 303		46 / 0	44 / 0	47 / 0
TOTAAL (1 T/M 4)							
0	327 / 445	336 / 458	368 / 501		71 / 58	76 / 66	88 / 80
1	310 / 422	319 / 434	347 / 473		116 / 132	121 / 132	133 / 145
2	312 / 424	320 / 436	348 / 474		117 / 125	122 / 133	134 / 146
3	321 / 438	328 / 447	355 / 483		126 / 138	128 / 145	141 / 156
4	220 / 300	231 / 316	231 / 335		26 / 0	26 / 0	27 / 0
	Neerslagoverschot (jaar) (mm/jr)				Neerslagtekort (zomer) (mm/jr)		
	260	275	268		-27	-28	-60

*) Strategie 0: actuele peilregime (ca. 2002)

Strategie 1: actuele indeling in peilvakken; met zomerpeil -30 cm en winterpeil -40 cm

Strategie 2: 4 afwateringseenheden met exclusief voor peilvakken met veen in de ondergrond een zomerpeil -30 cm en winterpeil -40 cm tov gem. maaiveld

Strategie 3: Als 2 met onderwaterdrains

Strategie 4: Als 2 zonder waterinlaat, en een winterpeil van -10 cm tov gem. maaiveld