ALTERRA
WAGENINGEN UR

Natuurpotentie Schraallanden Wielrevelt

Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling

S.P.J. van Delft
F. Brouwer
R.H. Kemmers



Alterra-rapport 1658, ISSN 1566-7197

Natuurpotentie Schraallanden Wielrevelt

In opdracht van Dienst Landelijk Gebied regio West

Natuurpotentie Schraallanden Wielrevelt

Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling

S.P.J. van Delft
F. Brouwer
R.H. Kemmers

Alterra-rapport 1658

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Delft, S.P.J. van F. Brouwer & R.H. Kemmers, 2008. *Natuurpotentie Schraallanden Wielrevelt; Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling.* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1658. 88 blz.; 22 fig.; 11 tab.; 19 ref.

Bij de voorbereiding van de inrichting van schraallanden in het Wielrevelt heeft Dienst Landelijk Gebied behoefte aan aanvullende informatie over de realisatiekansen voor Dotterbloem-hooilanden. Het gaat met name om aanwezigheid van kwelinvloed in de wortelzone en de fosfaattoestand. Alterra heeft een ecopedologisch en de fosfaattoestand beoordeeld. Hoewel regionale kwel in het verleden in het hele studiegebied voor kwam, is dit nu beperkt tot het oostelijk en centrale deel, waar het kleidek dunner is dan in de rest van het gebied. Langs de zuidrand komt lokale kwel voor vanaf de stroomrug ten zuiden van het studiegebied. Een deel van het studiegebied is te droog, in het overige deel is de vochttoestand suboptimaal. Dit zou verbeterd kunnen worden door in delen van percelen de bovengrond af te graven en de bolle ligging te versterken. Vernatten wordt afgeraden. Bij een verschralingsbeheer kunnen naast Dotterbloemhooilanden ook gradiënten naar drogere en zuurdere contactgemeenschappen ontwikkeld worden. De fosfaattoestand is nergens een belemmering.

Trefwoorden: ecopedologie, fosfaattoestand, natuurontwikkeling

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 verveelvoudigd 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

Samenvatting 7

1 Inleiding 13

2 Materiaal en methode 15
2.1 Gebiedsbeschrijving 15
2.2 Conclusies uit de Waternoodstudie 19
2.3 Veldwerk en bemonstering 20
2.4 Typering van het grondwater 21
2.5 pH profielen 21
2.6 Veldwaarnemingen kwelverschijnselen 22
2.7 Bodembemonstering 22
2.7.1 Zuurbuffercapaciteit 23
2.7.2 Fosfaattoestand 23

3 Resultaten ecopedologisch onderzoek 31
3.1 Grondwatertypering 31
3.1.1 Verwantschap met referentiewatertypen 31
3.1.2 Neerslagaandeel 33
3.1.3 Extrapolatie naar meetpunten 34
3.2 Kwelverschijnselen 37
3.3 IJzerprofielen 37
3.4 pH profielen 38
3.5 Hydrotypen 39
3.6 Zuurbuffer 41

4 Ecopedologische geschiktheid 43
4.1 Systeembeschrijving 43
4.2 Standplaatseisen Dotterbloemhooiland 46
4.3 Realisatiekansen Dotterbloemhooiland 46
4.4 Conclusies en aanbevelingen 50

5 Beoordeling fosfaattoestand 53
5.1 Algemeen 54
5.2 Conclusies t.a.v. natuurontwikkeling 55

Literatuur 57

Bijlage 1 Analyseresultaten Bodemmonsters 59
Bijlage 2 Dwarsdoorsnede bodem en hydrologie 61
Bijlage 3 Dwarsdoorsnede pH profielen 63
Bijlage 4 pH profielen 65
Bijlage 5 Beoordeling fosfaattoestand 75
Bijlage 6 Kaarten 77
1. Maaiveldhoogte en peilvakken
2. Bodemkaart (inkleuren naar kleidikte)
3. Meetpunten en dwarsdoorsnede
4. Waterkwaliteit en hydrologische relaties
5. Realisatiekansen Dotterbloemhooiland en inrichtingsadviezen

Samenvatting

In het landinrichtingsplan van landinrichtingsgebied Haarzuilens is opgenomen dat in het noordelijk deel van het Wielrevelt op gronden die het eigendom zijn van Natuurmonumenten schraalgraslanden ontwikkeld zullen worden. Het is een te ontwikkelen recreatiegebied waarbij men het natuurdoel *Dotterbloemhooilanden* wil realiseren. Voor de besteksvoorbereiding zijn meer gegevens nodig ter onderbouwing van de maatregelen (bv peilverhoging en/of afgraven) en kosten. Hierbij gaat het om de ecopedologische geschiktheid (vochttoestand, kwel) en om de vraag of de fosfaattoestand als gevolg van het landbouwkundig gebruik niet te hoog is. DLG heeft aan Alterra opdracht verleend om hier aanvullend onderzoek aan te doen.

Materiaal en methode
Het studiegebied "Schraallanden Wielrevelt" ligt ten noorden van het dorp Haarzuilens en grenst aan de noordkant aan de A2 bij Maarssenbroek. Ten oosten van het studiegebied is de Haarrijnse Plas gegraven. Het ligt grotendeels in een laagte met komafzettingen van de Rijn op -70 tot -100 cm + NAP. Aan de zuidkant grenst het studiegebied aan een stroomrug op ca 50 cm + NAP.

De bodem bestaat uit klei- en klei-op-veen gronden, waarbij in het zuiden het kleidek doorloopt tot dieper dan 150 cm – mv. en naar het noorden en oosten een geleidelijk in dikte toenemend veenpakket onder de klei voor komt. De stroomruggen ten zuiden en westen van het studiegebied zijn deels kalkrijk afgezet. Het grootste deel van het studiegebied heeft grondwatertrap IIa. In het uiterste zuiden van het Studiegebied komt grondwatertrap Vbo voor en in de overgangszone is een strook grondwatertrap IIIb gekarteerd.

De streefpeilen in het studiegebied zijn -140 (zomer) en -160 cm + NAP (winter). In peilvakken ten zuiden van het studiegebied, waar ook het maaiveld ruim een halve meter hoger is, worden hogere peilen gehanteerd.

Uit modelberekeningen blijkt dat in een deel van het gebied sprake is van een lichte kwel vanuit het eerste watervoerend pakket. Onbekend is in hoeverre de kwelflux tot in de wortelzone doordringt. De doorlatendheid is beperkt door de deklaag van veen en zware klei.

Door aanleg van de Haarrijnse Plas zal de waterhuishouding in het studiegebied beïnvloed zijn. Omdat het peil in de plas (ca -110 cm + NAP) hoger is dan in het studiegebied treedt mogelijk zijdelingse infiltratie op door het veenpakket, waarvan de doorlatendheid groter is dan in de zware klei.

Uit een eerdere analyse met Waternood kwam naar voren dat in de lagere delen van het studiegebied de ontwikkeling van *Dotterbloemhooilanden* mogelijk zou moeten zijn mits er voldoende kwelinvloed in de wortelzone is.

Vooral informatie over de aanwezigheid van kwelinvloed in de wortelzone en de voedselrijkdom van de bodem ontbreekt om een goede uitspraak te kunnen doen over ontwikkelingsmogelijkheden voor *Dotterbloemhooiland*. Door middel van aanvullend veldwerk en de bemonstering van bodem en grondwater is deze informatie verzameld. Hiervoor is op 20 locaties de pH en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) van het bovenste grondwater gemeten en is het verloop van de pH van de bodem op een aantal dieptes bepaald. Van 10 locaties is een grondwatermonster geanalyseerd in het laboratorium en van 5 locaties zijn bodemmonsters genomen op 4 dieptes.

De 10 watermonsters zijn geanalyseerd op gehaltes Cl, Ca, K, Mg, Na, S en IC (alles in mg/l). Tevens is de pH en EGV gemeten. Met het model MAION is de verwantschap met referentiewatertypen berekend en is een theoretische mengverhouding voor deze watertypen bepaald. Vervolgens is de relatie tussen het aandeel van de referentiewaarden met de pH en EGV afgeleid om voor alle 20 punten een inschatting te maken van het watertype.

De bodem-pH bepalingen zijn gebruikt om een inschatting te krijgen of kwelwater ook de wortelzone bereikt, of dat er sprake is van een neerslaglens.

Door middel van bodemmonsters op 5 locaties langs de hoofdgradiënt in het terrein is zowel de zuurbuffer als de fosfaattoestand onderzocht. Van de bovengrond is de zuurbuffercapaciteit bepaald op basis van de calciumverzadiging van het adsorptiecomplex. De fosfaattoestand is bepaald in de bovengrond en 3 onderliggende lagen. Hiervoor is de actuele beschikbaarheid van fosfaat op basis van het Pw-getal bepaald en de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) als maat voor de potentiële fosfaatbeschikbaarheid. Eveneens is nagegaan wat de totale hoeveelheid geadsorbeerd fosfaat is en is een schatting gemaakt van de tijd die nodig is om deze te verlagen. Op basis van deze informatie is een advies opgesteld over de kansrijkdom voor *Dotterbloemhooiland* en de inrichtingsmaatregelen die daarvoor nodig zijn.

Resultaten ecopedologisch onderzoek

Uit de interpretatie van de wateranalyses blijkt dat de meeste monsters een vrij groot aandeel neerslagwater hebben, maar dat overal wel enig invloed van hard grondwater is te herkennen. Omdat de ionconcentratie van hard grondwater veel hoger is dan van neerslagwater is de verwantschap met dit watertype over het algemeen hoog. In het zuiden op de overgang naar de stroomrug en in het oosten, waar invloed van de Haarrijnse Plas merkbaar is, is het aandeel lithotroof grondwater groter dan in de rest van het studiegebied. Ook lijkt er in alle monsters sprake te zijn van enige verontreiniging, mogelijk door aanvoer van verontreinigd kwelwater of door oxidatie van pyriet in de ondergrond van het studiegebied.

Door middel van niet lineaire regressie zijn logistische modellen afgeleid die de relaties beschrijven voor pH en EGV met de theoretische aandelen van de referentiewatertypen. Het bleek dat modellen op basis van pH een goede voorspelling geven van deze aandelen. EGV leverde in dit geval geen significante

bijdrage. Bij pH < 6,5 is het aandeel neerslagwater hoog (≥ 80%) waarbij nog een klein aandeel hard grondwater herkend kan worden (ca 7%). Tussen pH 6,5 en 7,2 verschuiven deze verhoudingen en neemt het aandeel neerslag af tot nihil terwijl hard grondwater belangrijker wordt. Boven pH 7,2 domineert hard grondwater. De relatie met verontreiniging is minder duidelijk. Het aandeel blijft constant rond 12% tot pH 7,5 waarna het aandeel toeneemt.

Het lijkt er op dat een gering aandeel neerslagwater (en dus een hoger aandeel lithotroof water) vooral voorkomt in de nabijheid van de stroomrug als gevolg van een lokale kwelstroom. In de lagere delen van het studiegebied lijkt aan de westkant de infiltratie van neerslagwater te overheersen, waardoor de diepere kwel wordt weggedrukt. Meer naar het oosten neemt de invloed van neerslagwater af. Dit lijkt samen te hangen met de dikte van het kleidek. Het geringere aandeel neerslagwater aan de oostrand zou een gevolg kunnen zijn van zijdelingse infiltratie van lithotroof water uit de Haarrijnse Plas.

Door vergelijking van de ijzergehaltes uit de bodemmonsters van verschillende dieptes kan opgemaakt worden dat, met name in het noordelijk deel van het studiegebied, waar het kleidek dunner is, veel ijzer is aangevoerd met kwelwater. Door de afgenomen kwelintensiteit en de vorming van neerslaglenzen moet dit deels als een fossiel bodemkenmerk beschouwd worden. Een meer actuele inschatting van het voor komen van kwelinvloed kan afgeleid worden uit de pH profielen die opgesteld zijn op basis van de veld metingen van de bodem-pH en het aandeel lithotroof grondwater in het bovenste grondwater. Hiermee kunnen een vijftal hydrotypen onderscheiden worden. Bij drie meetpunten is de kwelinvloed tot in de wortelzone herkenbaar. Ondiepe regenwaterlenzen (N = 4) komen tot uiting in een pH < 5,0 in de bovengrond van profielen die overigens vergelijkbaar zijn met de kwelprofielen. Bij twee profielen waar de pH tot aan GLG niveau niet boven 5,5 uit komt onderscheiden we een diepe neerslaglens (N = 2). Bij de profielen met een laag aandeel lithotroof water (< 10%) wordt op basis van het pH verloop onderscheid gemaakt tussen infiltratieprofielen (N = 5) en de mengwaterprofielen waarvan er eveneens 5 zijn aangetroffen.

De calciumverzadiging in de 5 bovengrondmonsters varieert van 33 tot 41 %. Hierdoor wordt de zuurgraad gebufferd tussen pH-KCl = 4,2 en 4,8. Met name bij WV02 is de zuurbuffer wel erg laag (zeker voor een kleigrond). Bij verdergaande uitspoeling van basen door infiltratie van neerslagwater zal de bodem verder verzuren.

Ecopedologische geschiktheid

Het grootste (lagere) deel van het studiegebied heeft in het verleden onder invloed gestaan van regionale kwel. De mate waarin dit het geval is hangt mede af van de bodemopbouw. Het kleidek is slecht doorlatend, waardoor de kwelstroom wordt afgeremd en mogelijk deels wordt afgebogen naar de delen met een dunner kleidek. In een groot deel van het studiegebied is de invloed van regionale kwel nog wel min of meer aanwezig. Deze lijkt het sterkst in het midden en oosten, waar het kleidek dunner is. Plaatselijk komen hier wel dunnen neerslaglenzen voor. In een groot deel

aan de westzijde, waar het kleidek dikker is, is de kwelinvloed verdwenen. Aan de zuidkant van het studiegebied, op de overgang naar de stroomrug, komt een zone voor waar het water een sterk lithotroof karakter heeft en tot hoog in het profiel kwelinvloed aanwezig is als gevolg van lokale kwel.

Bij de kwelprofielen en ondiepe neerslaglenzen is de maaiveldligging relatief hoog ten opzichte van de streefpeilen. Bij de kweltypen zijn de grondwaterstanden het hoogste ten opzichte van het polderpeil. Hier is de stijghoogte door de kweldruk dus hoger dan bij de andere hydrotypen.

Er lijkt enige invloed van het water in de Haarrijnse Plas te zijn door zijdelingse infiltratie door het veenpakket aan de oostkant van het studiegebied. Ook zou overwogen kunnen worden om water uit de plas in te laten om het lithotrofe karakter van het water te versterken. Hierbij is een open verbinding van de waterlopen in het studiegebied met de plas niet wenselijk omdat hierdoor mogelijk de waterkwaliteit in de plas nadelig beïnvloed wordt.

Om de realisatiekansen voor een natuurdoeltype te kunnen beoordelen worden de standplaatsfactoren die verband houden met vocht, zuurgraad en voedselrijkdom vergeleken met de standplaatseisen van het natuurdoeltype. Voor *Dotterbloemhooiland* betekent dit dat de GVG ondieper dan 40 cm (liefst 0 – 30 cm – mv.) en de GLG ondieper dan 90 cm (liefst 25 – 70 cm – mv.) voor moet komen. De gewenste zuurgraad is matig tot zwak zuur en de voedselrijkdom matig tot zeer voedselrijk.

De vochttoestand is nergens optimaal voor *Dotterbloemhooiland*. Bij 11 meetpunten voldoen zowel GVG als GLG binnen het suboptimale bereik. Door de bolle ligging van de percelen zal de variatie in grondwaterstanden en daarmee in de vochttoestand binnen de percelen groter zijn dan uit de boorpunten afgeleid kan worden. Daarom zullen er binnen percelen die als te droog ingeschat worden toch zones voorkomen die nat genoeg zijn en wellicht zelfs binnen het optimale bereik voor *Dotterbloemhooiland* komen. Door vernatting zouden meer punten geschikt gemaakt kunnen worden en zouden ook meer optimale grondwaterstanden bereikt kunnen worden. Vernatting door peilverhoging is echter riskant omdat daarmee de toch al geringe kwelflux weggedrukt zou kunnen worden. Een andere mogelijkheid kan zijn om plaatselijk een deel van het maaiveld af te graven, zodat dit dichter bij het grondwater komt.

De huidige zuurgraad van de bovengrond voldoet overal aan de eisen voor *Dotterbloemhooiland*. Op termijn is deze echter alleen te garanderen bij de kwelprofielen en bij de ondiepe neerslaglenzen, onder voorwaarde dat infiltratie van neerslagwater hier tegengegaan wordt door het verbeteren van de oppervlakkige afwatering.

Bij de huidige zuurgraad zijn 11 meetpunten geschikt voor *Dotterbloemhooiland*, hoewel de vochttoestand suboptimaal is. Bij verdergaande verzuring in de meetpunten zonder kwel zullen uiteindelijk 3 punten overblijven. Plaatselijk zullen, in lagere delen van de percelen, de realisatiekansen hoger zijn dan hierboven ingeschat.

Verbetermogelijkheden zijn er door het plaatselijk afgraven van de bovengrond, binnen de percelen waar voldoende regionale kwelinvloed aanwezig is.

Het studiegebied biedt uitstekende mogelijkheden voor de ontwikkeling van verschillende vegetaties langs gradiënten van vocht en zuurgraad. Ontwikkelingsmogelijkheden voor *Dotterbloemhooiland* doen zich met name voor in het oostelijke deel van het studiegebied, waar regionale kwel voor komt in combinatie met grondwatertrap IIa of IIIa. Het westelijke deel is, zeker op termijn, te zuur. Hier zullen zich dan zuurdere varianten van nat schraalgrasland ontwikkelen. In het zuidelijk deel op de overgang naar de stroomrug is de zuurbuffer gegarandeerd door lokale kwel, maar deze gronden zijn te droog voor *Dotterbloemhooiland*. Hier is eerder een ontwikkeling in de richting van het *Glanshaververbond* te verwachten.

Vernatten door het instellen van een hoger peil is niet aan te raden vanwege het risico dat de toch al geringe kweldruk zal wegvallen. Door het deels afgraven van de bovengrond kan het maaiveld plaatselijk dichter bij het grondwater gebracht worden. Door inlaat onder vrij verval van water uit de Haarrijnse Plas kan in de gebieden met een neerslaglens de zuurbuffer in de bodem verbeterd worden. Bij alle inrichtingsmaatregelen is het belangrijk een goede oppervlakkige afwatering te garanderen, om de infiltratie van neerslagwater in de bodem te voorkomen.

Om de voedselrijkdom omlaag te brengen is het noodzakelijk een hooilandbeheer in te stellen. Ook voor delen van het gebied die niet geschikt lijken voor *Dotterbloemhooiland* is dit zinvol, om de gradiënten tot uiting te laten komen.

Beoordeling fosfaattoestand

In het studiegebied zijn bodemmonsters van 5 locaties en 4 dieptes onderzocht. Dit geeft geen totaalbeeld van de fosfaattoestand in het studiegebied. Vanwege de spreiding over het gebied en de voorkomende bodemtypen geeft de bemonstering wel een goede indicatie van de fosfaattoestand in het gebied.

In de bovengrond is de PSD in 4 monsters gunstig en in één geval redelijk. Vanwege de lage waarden voor PSD is de actuele beschikbaarheid van fosfaat (Pw) in 3 van de 5 locaties ook gunstig en in twee gevallen (net) ongunstig. De fosfaattoestand in de 2^{e} laag is gunstiger dan in de bovengrond, in 3 gevallen zelfs zeergunstig. De monsters uit laag 3 en 4 hebben overal een zeer gunstige fosfaattoestand.

Het gehalte oxalaat-extraheerbaar P komt nergens boven de voor *Dotterbloemhooiland* gestelde grens van 1000 mg/kg. Voor *Blauwgrasland* is deze grens kritischer met 200 mg/kg. Bij alle locaties wordt deze grens in de huidige situatie overschreden in de bovengrond en in laag 2.

Uit deze analyse blijkt dat de fosfaattoestand in de huidige bovengrond overal reeds geschikt is, of op korte termijn door verschraling geschikt is te maken voor *Dotterbloemhooiland*. Hiervoor hoeven dus geen aanvullende maatregelen getroffen te worden. Voor *Blauwgrasland* zijn wel aanvullende maatregelen nodig.

Interne eutrofiëring treedt alleen op bij langdurig inundatie met sulfaathoudend water en aanwezigheid van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal en aan ijzer gebonden fosfaat. Aan de laatste twee voorwaarden wordt in het studiegebied voldaan, maar omdat vernatten door het opzetten van peilen om ecohydrologische redenen niet wenselijk is, is dit niet relevant. Geprobeerd kan worden de zuurbuffer en de waterkwaliteit te verbeteren door het inlaten van water uit de Haarrijnse Plas.

Hoewel de fosfaattoestand in een beperkt aantal locaties is bepaald lijken de resultaten dermate consistent dat ze met enige terughoudendheid voor het hele studiegebied gebruikt kunnen worden.

Hoewel de huidige fosfaattoestand over het algemeen als gunstig beschouwd kan worden, is bij de interpretatie van de gegevens wel uitgegaan van een verschralingsbeheer, waarbij minimaal jaarlijks gemaaid wordt en het maaisel wordt afgevoerd. Het huidige beweidingsbeheer zal niet leiden tot de ontwikkeling van *Dotterbloemhooiland* en vergelijkbare natuurdoelen die gebonden zijn aan een hooilandbeheer.

1 Inleiding

In het landinrichtingsplan van landinrichtingsgebied Haarzuilens is opgenomen dat er langs de Haarrijnse Plas schraalgraslanden ontwikkeld worden in een deel van het gebied dat wordt aangeduid als "Schraallanden Wielrevelt" (Akkerman et al., 2004). Dit betreft het noordelijk deel van het Wielrevelt. Het gebied is al in eigendom en beheer van Natuurmonumenten. Het is een te ontwikkelen recreatiegebied waarbij men het natuurdoel *Dotterbloemhooilanden* wil realiseren. Op basis van de bodemkaart van het Landinrichtingsgebied (Brouwer en Bont, 2002) is een waternoodstudie voor natuur- en recreatie doelen uitgevoerd (Hoogland et al., 2002). Er is in 2005 ook door Alterra meegewerkt aan een Sobek/Simgro studie voor het Waterschap. De Haarrijnse Plas is inmiddels gereed en er wordt nog een nieuwe grote waterloop langs en door het schraalland gebied aangelegd.

Voor de besteksvoorbereiding zijn meer gegevens nodig ter onderbouwing van de maatregelen (bv peilverhoging en/of afgraven) en kosten. In de huidige situatie wordt verondersteld dat er kwel voor komt in het gebied. De vraag is in hoeverre dit ook in de wortelzone van de toekomstige schraalgraslanden komt. Het water in de Haarrijnse Plas heeft een schoon lithotroof karakter. In het kader van het landinrichtingsplan worden nieuwe peilen ingesteld. Het peil van de Haarrijnse Plas is hoger dan dat in de toekomstige schraallanden. Dit maakt het mogelijk om water met een goede kwaliteit in te laten in het natuurontwikkelingsgebied. Omdat de schraallanden in een apart peilvak liggen zijn er ook mogelijkheden hier een aangepast peil in te stellen.

Omdat de gronden waarop de schraalgraslanden ontwikkeld moeten worden een langdurig agrarisch verleden hebben wordt rekening gehouden met een te hoge voedselrijkdom (met name fosfaat) in de huidige bovengrond. Daarom wordt overwogen plaatselijk een deel van de bovengrond af te graven. Onduidelijk is of en in welke mate dat het geval is.

Dienst Landelijk Gebied regio West heeft daarom aan Alterra opdracht gegeven om onderzoek te doen naar de natuurpotentie van noordelijk het deel van het Wielrevelt waar schraalgraslanden zijn gepland. De volgende vragen dienen hierbij beantwoord te worden:
- is het mogelijk om *Dotterbloemhooilanden* te ontwikkelen op basis van de nieuwe hydrologische situatie?
- welke maatregelen zijn daarvoor nodig?
- waar kunnen *Dotterbloemhooilanden* ontwikkeld worden?

Om antwoord op deze vragen te geven is een ecopedologisch onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van kwel en is de fosfaattoestand op vijf locaties beoordeeld. Afhankelijk van de uitkomsten van dit onderzoek kan overwogen worden op een beperkt aantal locaties alsnog een aanvullende bemonstering van de fosfaattoestand uit te voeren. De technische uitwerking van eventuele inrichtingsmaatregelen valt buiten dit onderzoek.

Leeswijzer

Het rapport is opgezet volgens een methodische indeling. In hoofdstuk 2 worden materiaal en methode beschreven. Hierbij wordt eerst in 2.1 een beschrijving gegeven van het studiegebied en worden in 2.2 kort de resultaten besproken van een eerder onderzoek naar de realisatiekansen van *Dotterbloemhooiland*. Vervolgens zijn in 2.3 t/m 2.7 de methoden beschreven die gebruikt zijn om aanvullende gegevens te verzamelen en te interpreteren voor de beoordeling van de ecopedologische geschiktheid en de beoordeling van de fosfaattoestand. De resultaten van het ecopedologisch onderzoek en de daaruit afgeleidde ecopedologische geschiktheid worden besproken in de hoofdstukken 3 en 4. Los van de ecopedologische geschiktheid is in hoofdstuk 5 de fosfaattoestand beoordeeld.

2 Materiaal en methode

In dit hoofdstuk wordt eerst op basis van reeds beschikbare informatie een beschrijving gegeven van het studiegebied (2.1) en van de bevindingen van de waternoodstudie naar geschiktheid voor natuurdoeltypen (2.2). Vervolgens worden in 2.3 t/m 2.7 de methoden besproken die gebruikt zijn om aanvullende gegevens te verzamelen om de geschiktheid voor *Dotterbloemhooiland* te bepalen.

2.1 Gebiedsbeschrijving

Het studiegebied "Schraallanden Wielrevelt" maakt onderdeel uit van het Landinrichtingsgebied Haarzuilens. Het ligt ten noorden van het dorp Haarzuilens en grenst aan de noordkant aan de A2 bij Maarssenbroek. Ten oosten van het studiegebied is de Haarrijnse Plas gegraven. In het noordelijk deel ligt een eendenkooi. Dit deel van het Wielrevelt wordt in twee delen verdeeld door een boomgaard die niet in het onderzoek is betrokken.



Figuur 1 Om de afwatering van de zware kleigronden te verbeteren hebben de percelen een bolle ligging en zijn ze begreppeld. De foto is genomen bij monsterpunt WV09 in noordelijke richting (zie kaart 3). In het bos in het midden in de achtergrond ligt de eendenkooi. Rechts is de boomgaard te zien die het studiegebied in tweeën deelt.

Het studiegebied ligt grotendeels in een laagte met komafzettingen van de Rijn. De maaiveldhoogte bedraagt hier ca -70 tot -100 cm + NAP. Omdat de percelen bol liggen en begreppeld zijn kan de hoogte binnen een perceel vrij sterk variëren (zie kaart 1 en Figuur 1). Aan de zuidrand grenst het gebied aan de stroomrug waarop Haarzuilens ligt. In de overgangszone neemt de maaiveldhoogte toe tot ongeveer 0 cm + NAP. Op de stroomrug is de hoogte ca 50 cm + NAP. De eendenkooi is gelegen op een uitloper van een stroomrug ten westen van het studiegebied. Daardoor ligt het maaiveld hier ook iets hoger.

Gegevens over de bodemopbouw zijn ontleend aan de bodemkartering van Alterra. Voor de toelichting op de legenda-eenheden verwijzen wij naar de toelichting (Brouwer en Bont, 2002). In dit rapport gaan we in op de bodemkenmerken die relevant zijn voor de ecopedologische geschiktheid (zie ook Kemmers et al., 2002). Binnen het studiegebied bestaat de bovengrond overal uit zware klei. In het zuidelijk deel, grenzend aan de stroomrug, loopt het kleipakket dieper dan 150 cm door. Hier zijn *Leekeerdgronden* (tRn73C en tRn74C) gekarteerd. Plaatselijk komt hierbij een veenondergrond voor, beginnend tussen 80 en 150 cm – mv. en ten minste 15 cm dik (toevoeging …v). Naar het noorden en oosten neemt de dikte van de veenlaag toe. Dit komt eerst tot uiting in de toevoeging …w, waarmee een moerige laag, beginnend tussen 40 en 80 cm – mv. en 15 tot 40 cm dikte wordt aangeduid. Deze toevoeging gaat samen met het voorkomen van *Tochteerdgronden* (tRo73C en tRo93C), waarbij binnen 80 cm – mv. een half gerijpte tot ongerijpte kleiondergrond begint (onder de moerige tussenlaag). Bij de *Liedeerdgronden* (tRv71C en tRv91C) is het veenpakket het dikste en begint tussen 40 en 80 cm – mv. In het berkenbroekbos aan de noordoostkant van het Wielrevelt (buiten het studiegebied) ontbreekt het kleidek en komen *Madeveengronden* (aVb) voor. Het veen bestaat overwegend uit (zegge)rietveen (rietklei) en/of bosveen.

De stroomruggen ten zuiden en westen van het studiegebied zijn deels kalkrijk afgezet. Dit komt tot uiting in het kalkverloop 'B' dat bij een deel van deze gronden is onderscheiden en het voorkomen van kalkrijk matig fijn rivierzand, beginnend tussen 80 en 150 cm – mv. (toevoeging …z) ten zuiden van het studiegebied.

Op kaart 2 zijn ook de grondwatertrappen aangegeven zoals die in 2002 gekarteerd zijn (Brouwer en Bont, 2002). Het grootste deel van het studiegebied heeft grondwatertrap IIa, met een Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) tussen 0 en 25 cm en een Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) tussen 50 en 80 cm – mv. De veldschattingen in de boorgaten voor de GHG varieert daarbij tussen 10 en 20 cm – mv. en voor de GLG tussen 75 en 80 cm – mv. Door de bolle ligging van de percelen zal binnen de percelen variatie optreden, met nattere stroken langs de greppels en relatief droge zones op de rug van het perceel. In het uiterste zuiden van het Studiegebied komt grondwatertrap Vbo voor met GHG 25 – 40 en GLG 120 – 180 cm – mv. In de overgangszone is een strook grondwatertrap IIIb gekarteerd (GHG 25 – 40 en GLG 80 – 120 cm – mv.).

De grondwaterstanden worden bepaald door de stijghoogte van het eerste watervoerende pakket en het in de sloten ingestelde peil. Volgens modelberekeningen

uit 1997 vertoont het isohypsenpatroon in het Leidsche Rijn gebied een vrij grillig patroon (IWACO, 1997). Voor maart 1996 werden in het oostelijk en centrale deel van het gebied, in de omgeving van Vleuten standen aangegeven tussen 0 en -50 cm + NAP. Van daar uit helt het grondwatervlak naar -150 cm + NAP in zuidwestelijke richting bij Harmelen, in noordwestelijke richting naar Kockengen en in noordoostelijke richting naar Maarssen. Binnen Het studiegebied neemt volgens deze berekeningen de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket af in NW richting. In maart 1996 was deze in het zuiden ca -100 cm + NAP tot ca -130 cm + NAP in het NW, ten westen van de eendenkooi (zie kaart 1). Door de aanleg van de Haarrijnse Plas en hydrologische maatregelen in het kader van Leidsche Rijn zal dit patroon inmiddels veranderd zijn. In peilbuizen in de omgeving van het Wielrevelt is de stijghoogte in de periode 8-12-2004 tot 28-11-2006 -125 tot -150 cm + NAP geweest, met vanaf juli 2006 een structurele stijging tot ca -100 cm + NAP (Wittekamp, 2007).



Figuur 2 Het peilbeheer volgt het maaiveld. De sloot op de voorgrond ligt in peilvak PG0742 met zomerpeil -140 en winterpeil -160 cm + NAP. De sloot op de achtergrond ligt in vak PG0334 met peilen -70/-80. Ook de maaiveldhoogte is daar een halve tot een hele meter hoger (zie kaart 1). De foto is genomen in de buurt van WV11 in zuidelijke richting (zie kaart3).

Naast de stijghoogte is ook het peilbeheer van invloed op de grondwaterstanden. In 2007 is een nieuw peilbesluit voor Haarzuilens vastgesteld (Dorst, 2007). Voor een aantal peilvakken worden hogere peilen nagestreefd dan in het oude peilbesluit. Dit is niet het geval voor het studiegebied. Op kaart 1 zijn de peilvakken aangegeven met de streefpeilen voor de zomer- en winterperiode. Het studiegebied ligt geheel in

peilvak PG0742 met zomerpeil -140 en winterpeil -160 cm + NAP. In de aangrenzende peilvakken ten zuiden, PG0334 en PG0340 zijn de peilen -70/-80 en -45/-60 cm + NAP. Dit is dus ca 1 meter hoger dan in het studiegebied. In het oude peilbesluit waren de winterpeilen in deze twee vakken ca 20 cm lager.

Uit modelberekeningen komt naar voren dat er vanuit het eerste watervoerend pakket sprake is van enige kwel (Dorst, 2007). Op de stroomruggen ten zuiden en ten westen van het studiegebied vindt infiltratie plaats. In het grootste deel van het studiegebied is de gemiddelde flux neutraal, in het middengedeelte en in de eendenkooi wordt een lichte kwel berekend (0,05 – 0,3 mm/dag). De modelberekeningen geven niet aan in hoeverre de kwelflux tot in de wortelzone doordringt. De doorlatendheid is beperkt door de deklaag van veen en zware klei.



Figuur 3 Door peilverschillen zal de Haarrijnse Plas (rechts) een drainerende werking hebben op de gronden ten zuiden van het studiegebeid (voorgrond), terwijl in het studiegebied (achter het hek) infiltratie kan optreden. De foto is gemaakt aan de zuidrand van het studiegebied, in de buurt van WV13 (zie kaart 3).

De aanleg van de Haarrijnse Plas heeft waarschijnlijk ook een grote invloed gehad op de hydrologie in het studiegebied. De zandwinning in het oostelijk deel van de plas is in januari 2005 afgerond, de zandwinning in de Westplas is medio 2005 gestart. De plas is enkele tientallen meters diep uitgegraven in de zandondergrond en wordt gevoed door regionale kwel met een lithotroof karakter. Het streefpeil is -100 - -130 cm + NAP. In de periode 8-12-2004 tot 28-11-2006 was het niveau over het algemeen ca. -110 cm + NAP, maar in de zomer van 2006 is het waterpeil gezakt naar -140 cm + NAP. De plas fungeert als seizoensberging voor het gebied Leidsche

Rijn. Door het peilverschil ten opzichte van de omliggende gronden zal de plas mogelijk een drainerende werking hebben op de stroomruggronden ten zuiden van het studiegebied, terwijl in het studiegebied mogelijk infiltratie vanuit de plas kan optreden (zie Figuur 3).

De graslanden binnen het studiegebied, afgezien van de eendenkooi en de boomgaarden, worden beweid. De verschraling is nog niet ingezet. Wel vindt er sinds enige jaren geen bemesting met kunstmest meer plaats.

2.2 Conclusies uit de Waternoodstudie

In de voorbereiding van de inrichting van het gebied is door middel van een studie met het Waternood instrumentarium onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor de ontwikkeling van natuur- en recreatiedoelen (Hoogland et al., 2002). Hierbij is ondermeer gezocht naar realisatiemogelijkheden voor *dotterbloemhooiland*. Het grootste knelpunt voor het bepalen van de realisatiekansen bleek het voorkomen van kwel. Hierover was onvoldoende informatie beschikbaar. Indien kwel aanwezig is zou binnen het gebied met grondwatertrap IIa (GHG < 80 cm) realisatie van *dotterbloemhooiland* mogelijk moeten zijn.

De beste kansen voor *dotterbloemhooiland* lijken dus voor te komen in de nattere delen van het deelgebied "Eendenkooi" (GLG < 80 cm – mv.). In de iets drogere delen van dit deelgebied met GLG 80-100 cm zijn kansen aanwezig, maar minder groot. Het deel van het plangebied op de oeverwal is niet geschikt omdat hier ook de GVG te diep is.

Uit de waternood studie blijkt verder dat, waar de abiotische randvoorwaarden niet geschikt zijn voor *dotterbloemhooiland* (Ranunculo-Senecionetum aquatici – 16Ab4; Schaminée et al., 1995) wellicht wel geschikt zijn voor andere vegetaties binnen het natuurdoel *Nat schraalgrasland*. In de huidige situatie is een klein deel van deelgebied "Eendenkooi" matig geschikt voor het Equiseto variegati-Salicetum repentis (9Ba5) . Bij verhoging van de GVG met 10 cm neemt de verbreiding en de realisatiekans van deze associatie binnen het deelgebeid aanzienlijk toe. Deze associatie is echter ook afhankelijk van min of meer kalkrijk grondwater (Schaminée, et al., 1995). Wel zou de associatie kunnen ontstaan na afgraven. Ze komt voornamelijk voor in tichelgaten. Voor de drogere delen van met name de oeverwal lijkt ontwikkeling in de richting van vochtige stroomdalgraslanden (Arrhenatheretalia) meer voor de hand te liggen. Bij een integraal hooilandbeheer zullen naar verwachting verschillende overgangen ontstaan tussen de verschillende plantengemeenschappen volgens de gradiënten van de vochttoestand en zuurgraad als gevolg van het voorkomen van kwel. Uiteraard onder het voorbehoud dat de voedselrijkdom van de bodem als gevolg van het landbouwkundig gebruik niet te hoog is.

2.3 Veldwerk en bemonstering

Uit het voorgaande blijkt dat vooral informatie over de aanwezigheid van kwelinvloed in de wortelzone en de voedselrijkdom van de bodem ontbreekt om een goede uitspraak te kunnen doen over ontwikkelingsmogelijkheden voor *Dotterbloemhooiland*. Door middel van aanvullend veldwerk en de bemonstering van bodem en grondwater is deze informatie verzameld.

In november 2007 zijn hiervoor door Alterra op 20 locaties tijdelijke grondwaterbuizen geplaatst met een filter van 50 cm lengte. De buizen zijn zodanig geplaatst dat het filter zich in het bovenste grondwater bevond. De lengte van deze buizen, inclusief filter, varieerde van 85 tot 150 cm. Na enkele dagen is de grondwaterstand in de buizen gemeten. Uit de buizen is grondwater opgepompt en ter plekke gefilterd (Figuur 4). In het gefilterde monster is direct de pH en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) gemeten. Van 10 van de 20 monsters is een hoeveelheid meegenomen naar het laboratorium van Alterra en geanalyseerd (zie 2.4).



Figuur 4 Bemonstering van het bovenste grondwater uit een tijdelijke grondwaterbuis. Het water wordt bij het oppompen direct gefilterd. De foto is genomen bij WV04 in NW richting (foto P. Bolhuis).

Bij het plaatsen van de buizen is op een aantal dieptes de zuurgraad bepaald van de bodem (zie 2.5). In lagen met pH > 6,5 is de aanwezigheid van kalk getest met behulp van zoutzuur. Bij 5 locaties is bovendien op 4 dieptes een mengmonster van

de bodem genomen om de fosfaattoestand en van de bovenste laag de zuurbuffer te beoordelen (zie 2.7).

De locaties van de meetpunten is weergegeven op kaart 3. Van deze meetpunten liggen er 13 op locaties waar in de bodemkartering van 2002 een profielbeschrijving gemaakt is. De overige 7 zijn nieuwe meetpunten. Hier is geen uitgebreide profielbeschrijving gemaakt. Wel is de begin en einddiepte van een eventuele veenlaag genoteerd.

2.4 Typering van het grondwater

De watermonsters zijn door het chemisch laboratorium van Centrum Bodem geanalyseerd op de volgende parameters:
- pH
- EGV (µS/cm)
- Cl, Ca, K, Mg, Na, S en IC (alles in mg/l)

Om een indruk te krijgen van de herkomst van het grondwater en in hoeverre dit beïnvloed is door kwel is de samenstelling vergeleken met een drietal referentiewatertypen. Op basis van de gehaltes van macro-ionen is met het model MAION de verwantschap met referentiewatertypen berekend. Als referentie voor lithotroof water is het referentietype "Angeren" (van Wirdum, 1991) genomen. Verder is de invloed van neerslagwater en beïnvloeding door bemesting verondersteld. Voor de bemestingsinvloed is de verwantschap met Rijnwater (Lobith, 1975) bepaald. Aanvullend is uitgerekend in welke mengverhouding referentie-watertypen gemengd zouden moeten worden om de samenstelling van het water-monster te bereiken. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de grondwatersamenstelling bepaald wordt door meerdere watertypen die met elkaar gemengd worden. De resultaten van deze typering wordt besproken in 3.1.

Omdat slechts van 10 watermonsters de chemische analyse is uitgevoerd is door middel van regressieanalyse onderzocht of de gevonden mengverhouding voorspeld kan worden uit de pH en EGV. Met de aldus gevonden regressievergelijking is voor alle 20 meetpunten de mengverhouding van de referentiewatertypen voorspeld.

2.5 pH profielen

Voor het ontwikkelen van het gewenste natuurdoel *Dotterbloemhooiland* is de zuurgraad van de bodem een belangrijke randvoorwaarde. Deze is mede afhankelijk van de mate waarin basenhoudend kwelwater de wortelzone kan bereiken. In het studiegebied wordt het voorkomen van lithotroof grondwater in de ondergrond verondersteld. Onduidelijk is of dit water de wortelzone bereikt. Het kan zijn dat lithotroof water wel aanwezig is, maar verdrongen wordt door een regenwaterlens, of dat de kweldruk onvoldoende is en de standplaats wordt gedomineerd door infiltratie van neerslagwater.

Omdat waterkwaliteitsgegevens betrekking hebben op het bovenste grondwater dat zich minimaal enkele decimeters van de wortelzone bevindt, is door het beschrijven van pH-profielen onderzocht waar kwelwater mogelijk in de wortelzone komt of door neerslaglenzen weggedrukt wordt. Hiervoor is op alle meetpunten een pH profiel bepaald, waarbij op een aantal relevante dieptes de pH bepaald is door middel van indicatorstrookjes. De pH-waarde die deze strookjes aangeven komt goed overeen met pH-KCl in bodemmonsters (Breeuwsma, 1976). Door vergelijking van de gevonden pH waarden op de dieptes waar de watermonsters genomen zijn met het watertype op die diepte is een relatie afgeleid tussen de pH en het watertype. Aldus is de pH als voorspeller van de kwelinvloed in het bodemprofiel gebruikt, ofwel wat de invloed van neerslagwater in het profiel is. De resultaten worden besproken in 3.5 en samen met andere gegevens gebruikt om het voorkomen van kwel en/of regenwaterlenzen te beschrijven.

2.6 Veldwaarnemingen kwelverschijnselen

Een aanwijzing voor het voorkomen van kwel kan de vorming van een zgn. 'ijzerfilm' op het slootwater of neerslag van ijzeroxiden op de slootbodem zijn. Overigens is dit een aanwijzing dat kwelwater in de sloot voorkomt. Dat wil nog niet zeggen dat het ook in de wortelzone doordringt. Deze verschijnselen zijn niet systematisch opgenomen, maar wel incidenteel waargenomen. Voor zover ze zijn waargenomen is dit aangegeven op kaart 4.

2.7 Bodembemonstering

Door middel van bodemmonsters is zowel de zuurbuffer als de fosfaattoestand onderzocht.

Op basis van de bodemkaart zijn in overleg met DLG 5 locaties gekozen voor het nemen van bodemmonsters. Uitgangspunt was hierbij een indruk te krijgen van de zuurbuffercapaciteit en de fosfaattoestand langs de hoofdgradiënt in het terrein over verschillende bodemtypen. De opzet was niet om een totaalbeeld van de zuurbuffer en fosfaattoestand te krijgen, maar om een indruk te krijgen van de in het studiegebied voorkomende waarden en in hoeverre sprake zou kunnen zijn van uitspoeling van fosfaat naar diepere lagen.

Behalve de huidige bovengrond zijn nog drie lagen bemonsterd tot een maximale diepte van 70 cm – mv. In al deze monsters is de P-toestand beoordeeld en zijn organische stofgehalte en pH-KCl bepaald. Bij de 5 bodemmonsters van bovengronden is eveneens de CEC en basenbezetting bepaald. Op kaart 3 is aangegeven welke locaties bemonsterd zijn. De analysegegevens staan in Bijlage 1. Voor de interpretatie van de fosfaatgegevens is een methode gebruikt die reeds eerder met succes is toegepast in andere natuurontwikkelingsprojecten o.a. (Delft en Jansen, 2003; Delft et al., 2006; Delft et al., 2007).

2.7.1 Zuurbuffercapaciteit

Voor kalkloze gronden is de calciumverzadiging van het adsorptiecomplex een belangrijke maat voor de zuurbuffer. Zuurbuffering in deze gronden verloopt via kationomwisseling aan het adsorptiecomplex van de bodem. Het belangrijkste kation hierbij is calcium. Met de calciumverzadiging geven we aan welk deel van het adsorptiecomplex bezet is met calcium. Bij waarden groter dan 30% wordt de zuurgraad gebufferd rond pH-H_2O 5,5. Dat komt ongeveer overeen met pH-KCl 5,0. Als de calciumverzadiging lager is dan 30% is de zuurbuffercapaciteit van het adsorptiecomplex vrijwel uitgeput en zal de zuurgraad verder dalen. Zuurbuffering vindt dan plaats door het oplossen van aluminium(hydr)oxiden. Omdat de calciumbezetting in kwelgronden afhankelijk is van de mate waarin calcium aangevoerd wordt met kwelwater, geeft het ook een indicatie of op een locatie nog kwelinvloed tot in de bovengrond aanwezig is.

De kationenadsorptiecapaciteit (CEC) en de basenbezetting zijn in het laboratorium bepaald in een ongebufferde oplossing. Omdat de actuele CEC afhankelijk is van de zuurgraad van de bodem is de vergelijking van de calciumbezetting als percentage van de actuele CEC geen bruikbare maat. Daarom is de calciumbezetting bepaald ten opzichte van de potentiële CEC zoals die bepaald wordt in een gebufferde oplossing met pH 8,2. Deze potentiële CEC is via een regressievergelijking afgeleid van het organische stofgehalte. De calciumverzadiging is het percentage van deze potentiële CEC dat bezet is met uitwisselbaar calcium.

Bij kwel wordt het adsorptiecomplex en daarmee de zuurbuffer opgeladen. Bij infiltratie van neerslagwater vindt er desorptie van calcium en vermindering van de zuurbuffer plaats. Op plaatsen waar veel calcium wordt aangevoerd met kwelwater kan plaatselijk neerslag van secundaire kalkafzettingen optreden, waardoor het oorspronkelijk kalkloze moedermateriaal kalkhoudend wordt. In bijzondere gevallen kan deze afzetting herkend worden als een aparte laag moeraskalk in de bodem.

2.7.2 Fosfaattoestand

Omdat de gronden waarop natuur ontwikkeld gaat worden een agrarisch gebruik gehad hebben wordt verondersteld dat de fosfaattoestand in de bodem te hoog is voor het ontwikkelen van schrale vegetaties. Om die reden wordt overwogen plaatselijk de bemestte bovengrond af te graven. Om het nut en de noodzaak daarvan te beoordelen zijn bodemmonsters genomen van de huidige bovengrond en in een aantal gevallen van de laag daaronder, die na afgraven de nieuwe bovengrond zou vormen.

Om een advies te kunnen geven over de diepte waarop afgegraven moet worden en of afgraven zinvol is, is gekeken naar de dikte van de bovengrond, de beschikbaarheid van fosfaat (Pw-getal) en fosfaatverzadigingsgraad (PSD) van de huidige bovengrond en 3 lagen daaronder. Eveneens is nagegaan wat de totale hoeveelheid geadsorbeerd fosfaat is en is een schatting gemaakt van de tijd die nodig

is om deze te verlagen. Verder is de bodemgesteldheid en de daaraan verbonden zuurbuffercapaciteit in het advies betrokken. Als de fosfaattoestand van de huidige bovengrond onder kritische grenswaarden blijft, is het niet nodig om af te graven en kan volstaan worden met een verschralings- of uitmijnbeheer. Als de huidige fosfaattoestand te hoog is, zijn de potenties van de laag onder de bouwvoor beoordeeld, om na te gaan of door afgraven van de bovengrond de potenties verbeterd kunnen worden.

2.7.2.1 Pw-getal

Afhankelijk van de vorm waarin fosfaat in de bodem aanwezig is, is slechts een deel van het fosfaat beschikbaar voor opname door de planten. De beschikbare fractie is het meest relevant voor de te verwachten vegetatieontwikkeling, voor zover deze bepaald wordt door beschikbaarheid van fosfaat. Het Pw-getal geeft een maat voor de in water oplosbare fosfaatfractie en is daarom gebruikt als maat voor de beschikbare fractie. Bij een onderzoek naar de resultaten van natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot fosfaat (Sival en Chardon, 2004) werd gevonden dat hoge waarden van N/P in de biomassa (>10), typerend voor schrale vegetaties en hoge percentages voedselmijdende soorten alleen gevonden werden bij Pw-getallen lager dan 4 (< 4 mg P_2O_5/liter grond). Er waren echter ook een aantal uitzonderingen op deze regel, waarbij ondanks een hoger Pw-getal toch een lage productiviteit of een hoog aandeel voedselmijdende soorten werd gevonden. Mogelijk speelt hier een gebrek aan N of K een rol en wordt de vegetatiesamenstelling en –productiviteit niet bepaald door de P-beschikbaarheid (Kemmers et al., 2006). Sival en Chardon (2004) komen tot een grenswaarde van 5 mg P_2O_5/liter grond voor een vegetatie met een hoog percentage soorten van voedselarme standplaatsen en een hoge N/P ratio (> 10).

Bij maaibeheer werden in het onderzoek van Sival en Chardon (2004) veel lagere Pw-getallen gevonden dan bij begrazingsbeheer. Bij maaien zonder afgraven werden vergelijkbare Pw-getallen gevonden als bij afgraven met begrazen. De meeste van deze percelen hadden inmiddels een Pw-getal < 10 en enkele tussen 10 en 20 mg P_2O_5/liter grond. Bij percelen waar alleen begraasd werd of niets gedaan werd varieerden de Pw-getallen tussen 30 en 80 mg P_2O_5/liter grond. Het lijkt er op dat bij een verhoogde fosfaatbeschikbaarheid in de landbouwkundige uitgangssituatie, deze door maaibeheer (eventueel voorafgegaan door uitmijnen) aanzienlijk omlaag kunnen worden gebracht. De hoeveelheid fosfaat in het bodemvocht is klein in vergelijking met de aan ijzer en aluminium geadsorbeerde hoeveelheid. Na onttrekking van fosfaat uit het bodemvocht, zal altijd nalevering plaats vinden door desorptie, tot het adsorptie-evenwicht is hersteld. Hoe hoog de uiteindelijke beschikbaarheid zal zijn, hangt behalve van het beheer, vooral af van de snelheid waarmee geadsorbeerd fosfaat naar het bodemvocht desorbeert. Bij maaibeheer is de onttrekking van fosfaat uit het bodemvocht groter dan de snelheid waarmee het wordt nageleverd, waardoor de fosfaatbeschikbaarheid op een laag niveau blijft. Verder is de concentratie van fosfaat in het bodemvocht afhankelijk van de fosfaatverzadigingsgraad (2.7.2.2). Als deze laag is zal de concentratie in een evenwichtssituatie ook laag zijn. Er zal dus

altijd sprake zijn van nalevering vanuit de geadsorbeerde fractie, maar bij een maaibeheer en een lage fosfaatverzadiging blijft de beschikbaarheid laag.

Voor het advies hanteren wij de grenswaarden voor de fosfaatbeschikbaarheid zoals weergegeven in Tabel 1. Bij een Pw-getal ≤ 5 mg P_2O_5/liter grond is de fosfaatbeschikbaarheid al laag genoeg voor Natte schraallanden en hoeven geen aanvullende maatregelen (inrichting en beheer) genomen te worden ten aanzien van de fosfaatbeschikbaarheid. Bij hogere waarden zullen meer maatregelen genomen moeten worden of moet geconcludeerd worden dat het ontwikkelen van schrale vegetatie niet haalbaar is.

Tabel 1 Grenswaarden voor Pw-getal in de uitgangssituatie.

Pw [1]	Klasse	Omschrijving	Toelichting
≤ 5	1	zeer gunstig	Voldoet in de uitgangssituatie
5 – 10	2	gunstig	Uitgangssituatie minder gunstig, verlagen door verschraling kansrijk
10 – 20	3	redelijk	Uitgangssituatie minder gunstig, verlagen door uitmijnen kansrijk
> 20	4	ongunstig	Uitgangssituatie ongunstig, weinig perspectief voor uitmijnen of verschraling

[1] *mg P_2O_5/liter grond*

2.7.2.2 Fosfaatverzadigingsgraad

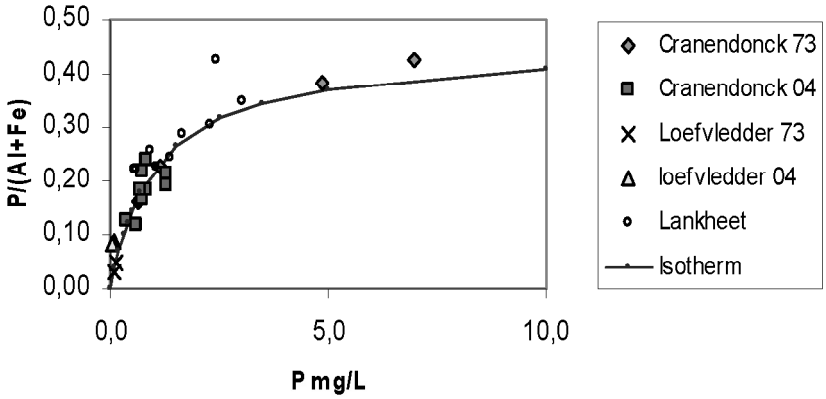
De fosfaatbeschikbaarheid in het bodemvocht wordt vooral bepaald door de fosfaatverzadigingsgraad. Deze is gedefinieerd als de fractie van de adsorptiecapaciteit die bezet is met fosfaat. Fosfaat adsorbeert aan amorfe ijzer- en aluminium(hydr)oxiden. Zowel het geadsorbeerde fosfaat als de hydroxiden worden bepaald via een oxalaatextractie (P_{ox}, Al_{ox}, Fe_{ox}). De maximale adsorptiecapaciteit is gelijk aan de helft van de totale hoeveelheid ijzer- en aluminium(hydr)oxiden. De fosfaatverzadigingsgraad (PSD) is berekend volgens vergelijking 1. Uit een onderzoek naar de haalbaarheid van natuurdoelen op fosfaatverrijkte gronden (Kemmers et al., 2005) blijkt dat voor schrale, laag productieve vegetaties een fosfaatverzadigingsgraad[1] < 20% nodig is.

$$PSD = 100\% \times \frac{P_{ox}}{0{,}5 \times (Al_{ox} + Fe_{ox})} \qquad (1)$$

Het adsorptie-evenwicht tussen fosfaat in het bodemvocht en de geadsorbeerde fractie kan beschreven worden met een Langmuir adsorptie-isotherm. In Figuur 5 is dit gedaan voor een aantal (voormalige) landbouwgronden. De terreinen Cranendonck en Lankheet liggen op zandgronden met een infiltratieprofiel. Hier zijn de fosfaatverzadigingsgraad en de fosfaatbeschikbaarheid in de uitgangssituatie hoog.

[1] Kemmers et al. hanteren een andere vergelijking, waarbij de fosfaatverzadingsindex (PSI) wordt bepaald: PSI = P_{ox} / (Fe_{ox}+Al_{ox}). Dit geeft als resultaat een fractie, waarbij 0,5 overeenkomt met 100% in vergelijking 1. De grenswaarde volgens Kemmers et al. is 0,1 voor PSI en komt dus overeen met 20% volgens vergelijking 1 voor PSD.

In Cranendonck is na 30 jaar begrazingsbeheer de verzadigingsgraad afgenomen tot < 50% (PSI < 0,25). Deze afname is voor een belangrijk deel toe te schrijven aan uitspoeling van fosfaat. Loefvledder heeft beekeerdgronden en broekeerdgronden met ijzerrijke kwel. Hier was de fosfaatverzadigingsgraad in de uitgangssituatie al laag (< 10%; PSI < 0,05). Na 30 jaar maaibeheer is de verzadigingsgraad wat toegenomen, waarschijnlijk door opname van fosfaat uit diepere lagen. De concentratie in het bodemvocht is echter nog verder afgenomen. Bij een verschralingsbeheer wordt via het gewas fosfaat onttrokken aan het bodemvocht. Bij een hoge fosfaatverzadigingsgraad (> 50%; PSI > 0,25) is de concentratie in evenwicht met de gemakkelijk oplosbare geadsorbeerde fractie. Bij een verlaging van de concentratie verandert de verzadigingsgraad in eerste instantie weinig (in het horizontale deel van de adsorptie-isotherm). Bij een fosfaatverzadigingsgraad tussen 20 en 50% neemt de verzadigingsgraad sterk af bij een dalende concentratie (buigpunt adsorptie-isotherm). Beneden PSD = 20% (PSI 0,10) wordt de concentratie op een laag niveau gebufferd (verticale deel adsorptie-isotherm). In dit traject is het meeste fosfaat gefixeerd en komt slechts via een langzame diffusieflux uit de adsorptiematrix beschikbaar. De fosfaatverzadigingsgraad bij blauwgraslanden en natte heide is < 10% (Van Delft en Jansen, 2003). Op basis hiervan hanteren we grenswaarden voor de PSD (zie Tabel 2).



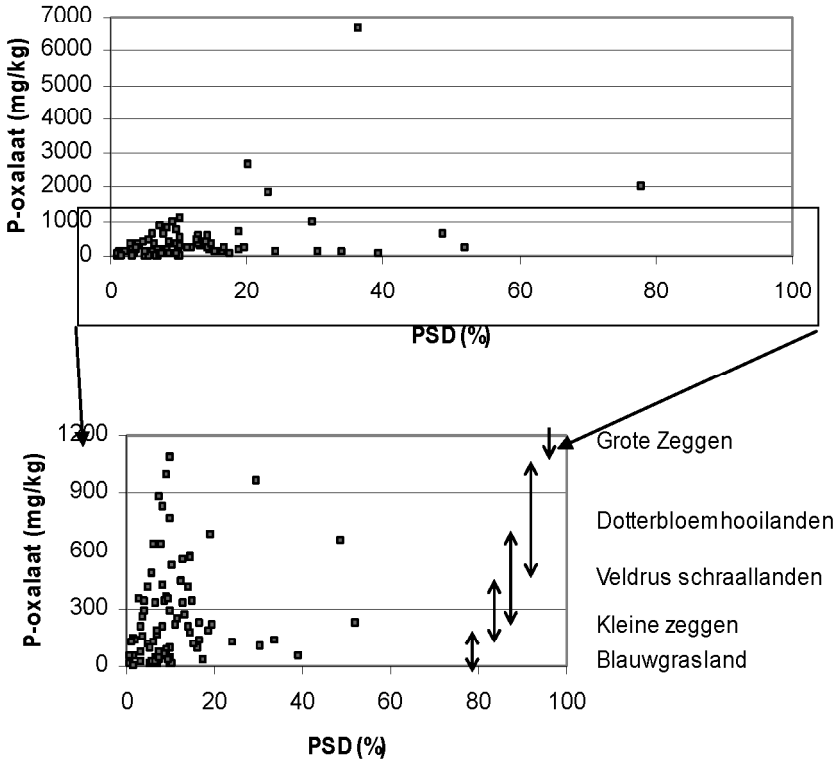
Figuur 5 Adsorptie-isotherm voor fosfaat in een aantal (voormalige) landbouwgronden. De geadsorbeerde fractie is aangeduid als PSI (PSD/200), beschikbaar P is aangeduid als mg P/l bodemvocht. (Uit Kemmers et al., 2006.).

Tabel 2 Grenswaarden voor PSD in de uitgangssituatie.

PSD (%)	PSI	Klasse	Omschrijving	Toelichting
≤ 10	< 0,05	1	zeer gunstig	Voldoet in de uitgangssituatie, P in bodemvocht laag
10 - 20	0,05 – 0,10	2	gunstig	Uitgangssituatie gunstig, verlagen P beschikbaarheid door verschraling kansrijk
20 - 50	0,10 – 0,25	3	redelijk	Uitgangssituatie minder gunstig, verlagen P beschikbaarheid door uitmijnen kansrijk
> 50	> 0,25	4	ongunstig	Uitgangssituatie ongunstig, weinig perspectief op korte termijn voor uitmijnen of verschraling

2.7.2.3 Fosfaatvoorraad

Naast de fosfaatverzadigingsgraad en de beschikbaarheid van fosfaat kan het van belang zijn om te weten hoeveel fosfaat ligt opgeslagen in de grond. Bij een verschralingsbeheer zal dit fosfaat gedeeltelijk uit de bodem verdwijnen, maar dat kan soms erg lang duren. In Figuur 6 is voor een groot aantal monsters uit natuurterreinen P-ox uitgezet tegen de PSD. Het grootste deel van de bodemmonsters uit natuurterreinen heeft een PSD < 20%. Het gehalte P-ox varieert bij de meeste monsters van 0 tot ca 1200 mg/kg. In het onderste deel van de figuur is dit bereik uitvergroot en is aangegeven bij welke waarden voor P-ox verschillende vegetatietypen kunnen voorkomen. Blauwgraslanden hebben P-ox gehalten < 200 mg/kg. Opvallend is dat daarbij soms een hoge PSD voor kan komen. Kleine zegge vegetaties hebben een bovengrens bij 450 mg/kg en Veldrusschraallanden bij 700. Voor Dotterbloemhooilanden ligt de bovengrens zelfs bij 1000 mg/kg. Hieruit kunnen grenswaarden afgeleid worden voor P-ox (Tabel 3). Een grote fosfaatvoorraad is vooral relevant als de fosfaatverzadingsgraad ook hoog is (PSD > 20) omdat het dan langer zal duren voordat de fosfaatverzadiging voldoende omlaag gebracht is. Bij een lage PSD zal de fosfaatbeschikbaarheid laag zijn, ongeacht een grotere voorraad.



Figuur 6 P-oxalaat gehaltes en PSD bij natuurlijke vegetaties (Alterra niet gepubliceerd).

Tabel 3 Grenswaarden voor P-ox in de uitgangssituatie.

P-ox (mg/kg)	Klasse	Omschrijving	Toelichting
≤ 200	1	zeer laag	Voldoet in de uitgangssituatie voor Blauwgrasland
200 - 450	2	laag	Voldoet in de uitgangssituatie voor Kleine zeggen
450 - 700	3	matig	Voldoet in de uitgangssituatie voor Veldrusschraalland
700 – 1000	4	hoog	Voldoet in de uitgangssituatie voor Dotterbloemhooiland
> 1000	5	zeer hoog	Voldoet in de uitgangssituatie niet voor schrale en matig voedselarme vegetaties

2.7.2.4 Verschralingsduur

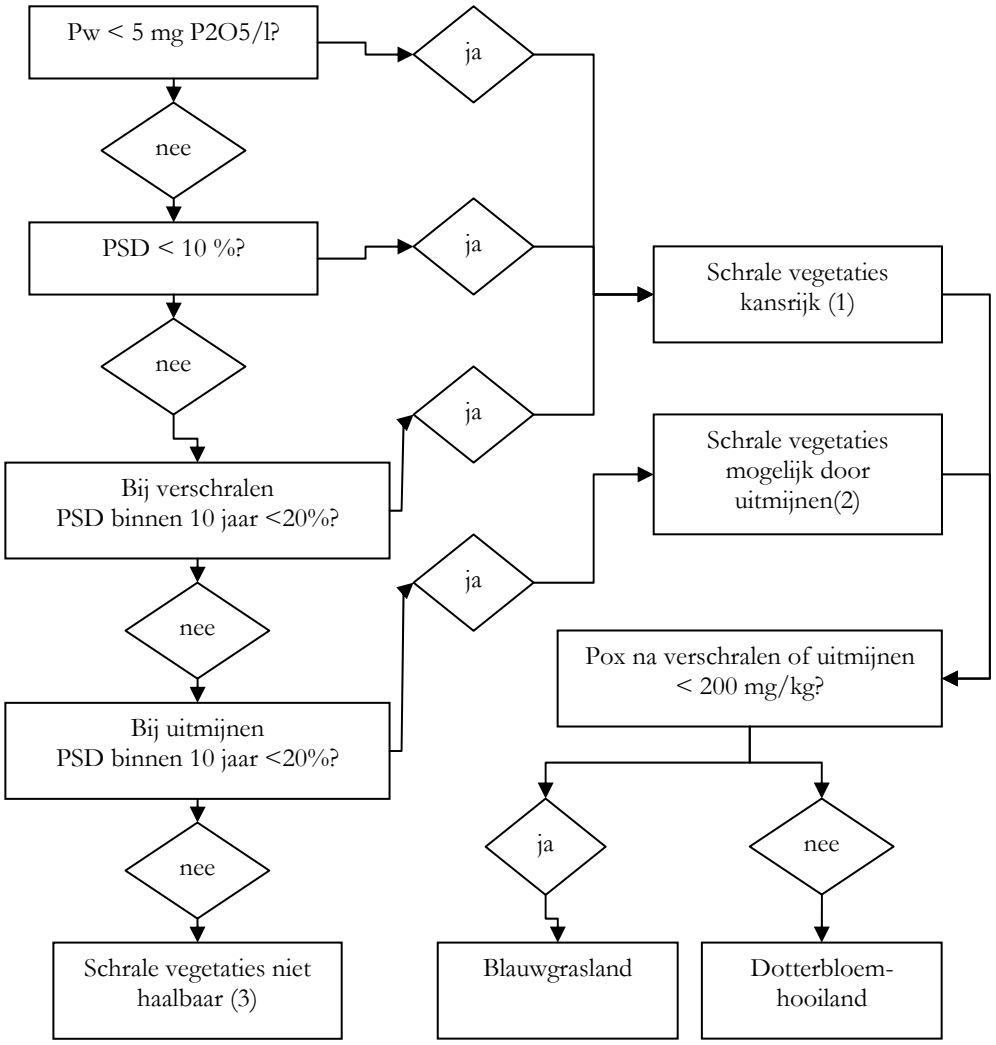
Als de fosfaatverzadigingsgraad te hoog is of de voorraad P (als P-ox) te groot, dan kan getracht worden deze door een verschralingsbeheer of uitmijnen te verlagen. Door Sival en Chardon (2004) is onderzocht wat de fosfaatonttrekking door een gewas kan zijn. Voor gras vonden zij dat bij een maaibeheer zonder stikstofgift (verschraling) ongeveer 10 kg P per ha per jaar ontrokken kan worden. Kemmers et al (2006) vonden dat over een periode van 30 jaar 7-12 $kgP.ha^{-1}.jr^{-1}$ uit de bouwvoor was verdwenen bij natuurontwikkeling op de voormalige landbouwgronden in Cranendonck en Loefvledder. Door stikstofgebrek blijft de productie en daarmee de P-opname bij een verschralingsbeheer veelal beperkt. Wanneer de groei bevorderd wordt door stikstofbemesting (uitmijnen) kan de onttrekking maximaal 50 kg/ha.jaar zijn. Om na te gaan of door middel van verschraling of uitmijnen binnen een acceptabele termijn de fosfaatverzadiging en de fosfaatvoorraad teruggebracht kunnen worden tot de grenswaarden, hebben we de gehaltes P-ox, Al-ox en Fe-ox omgerekend naar de voorraad in de bouwvoor (kg/ha) en dit vergeleken met de hoeveelheden P bij de grenswaarden. Voor PSD is dat 20 %, en voor P-ox respectievelijk 200 mg/kg voor *Blauwgrasland* en 700 mg/kg voor *Veldrusschraalland*. Voor *Dotterbloemhooiland* ligt de grens op 1000 mg/kg. Hieruit is afgeleid hoeveel jaren nodig zijn om de actuele voorraad terug te brengen tot de grenswaarde bij een jaarlijkse onttrekking van 10 kg/ha bij verschralen en 50 kg/ha bij uitmijnen. In Tabel 4 zijn klassen opgenomen voor de termijn waarbinnen één of meer grenswaarden bereikt kunnen worden. Dit is zowel voor verschralen als voor uitmijnen beoordeeld.

Tabel 4 Beoordeling van de termijn waarbinnen grenswaarden bereikt kunnen worden bij een verschralingsbeheer of uitmijnen.

Klasse	Omschrijving	Beoordeling
1	gunstig	Alle grenswaarden worden binnen 10 jaar bereikt
2	redelijk	Alle grenswaarden worden binnen 30 jaar bereikt, deels binnen 10 jaar
3	ongunstig	Geen grenswaarde wordt binnen 30 jaar bereikt

2.7.2.5 Beoordeling kansrijkdom

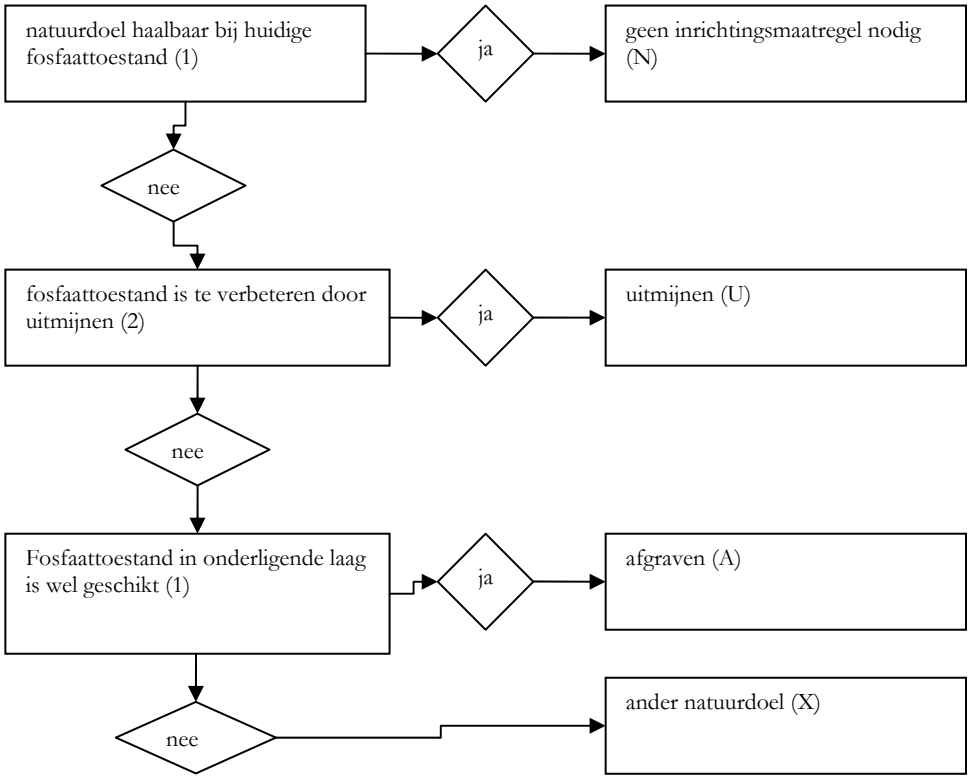
Om op basis van de hierboven beschreven beoordelingen tot een bepaling van de kansrijkdom voor schrale vegetaties te komen is een beslisboom gebruikt (Figuur 7). Hierbij wordt er van uitgegaan dat, indien de fosfaatbeschikbaarheid (Pw) en de verzadigingsgraad (PSD) reeds in de uitgangsituatie gunstig zijn, of met een verschralingsbeheer binnen 10 jaar zijn te bereiken, schrale vegetaties kansrijk zijn. Wanneer deze situatie binnen 10 jaar met uitmijnen te bereiken is wordt er van uit gegaan dat schrale vegetaties mogelijk zijn. Deze analyse is gedaan voor alle monsters, dus ook voor de 2e t/m 4e laag, waarmee een indruk gekregen kan worden hoever eventueel afgegraven zou moeten worden.



Figuur 7 Beslisboom voor kansrijkdom natuurdoelen op basis van P toestand

De beoordeling van de kansrijkdom volgens Figuur 7 is gebruikt om volgens Figuur 8 tot een inrichtingsadvies te komen. Uitgangspunt is, dat eerst geprobeerd wordt of zonder afgraven een schrale vegetatie bereikt kan worden, bijvoorbeeld door uitmijnen. Als dat niet haalbaar lijkt is gekeken of dit door afgraven dan wel bereikt

kan worden. Wanneer ook dat niet het geval is, zal de ambitie bijgesteld moeten worden en een ander natuurdoel gekozen moeten worden dat minder afhankelijk is van een lage voedselrijkdom.



Figuur 8 Beslisboom voor inrichtingsadvies

3 Resultaten ecopedologisch onderzoek

3.1 Grondwatertypering

3.1.1 Verwantschap met referentiewatertypen

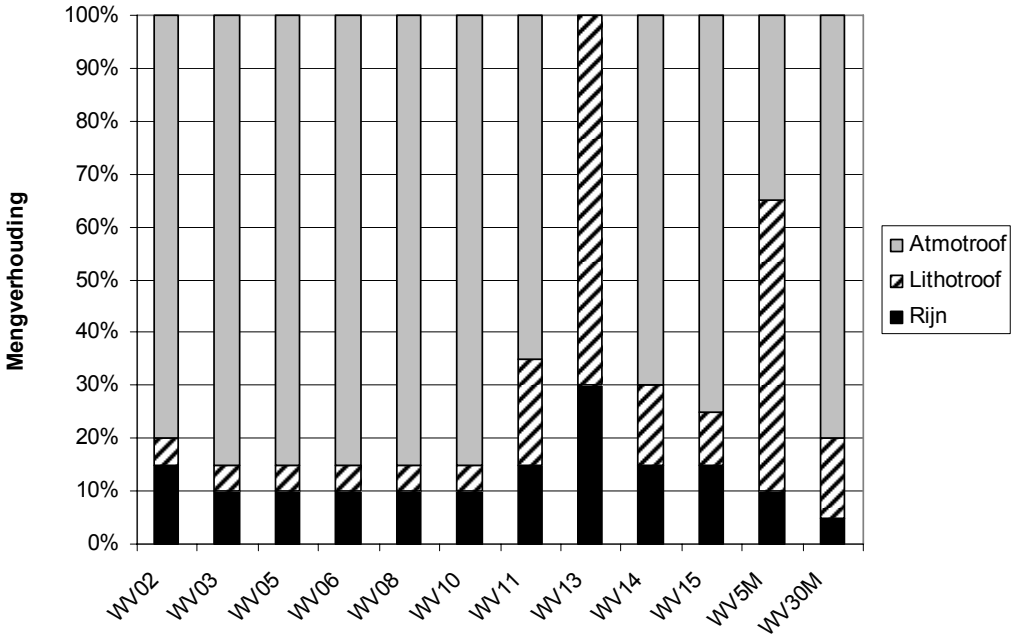
De analysegegevens van de watermonsters (Tabel 5) die in november 2007 in de tijdelijke buizen genomen zijn, zijn samen met metingen van diepe buizen, met het model MAIONF (Van Wirdum, 1991) geïnterpreteerd naar verwantschap met referentiewatertypen. Hiervoor wordt de samenstelling vergeleken met referentie-monsters van regenwater (atmotroof; atm), rijnwater, zeewater (thalassotroof; thx) en grondwater (lithotroof). Voor lithotroof water kunnen twee verschillende referentiemonsters gebruikt worden. Een monster uit Hoge Duvel (Duvel) is representatief voor zacht grondwater, voor hard grondwater wordt een monster uit Angeren (Ang) gebruikt. In het studiegebied komt in de ondergrond hard grondwater voor. Daarom ligt vergelijking met het referentiemonster uit Angeren voor de hand. Het verwantschap met rijnwater wordt gebruikt als referentie voor verontreinigd lithotroof water. Vervolgens is een mengverhouding bepaald voor deze referentiewatertypen die nodig zou zijn om de in de monsters gevonden samenstelling te bereiken (Tabel 6). Hiermee wordt een inschatting gemaakt hoe groot de invloed is van respectievelijk hard grondwater (referentie Angeren), neerslagwater (referentie atmotroof) of beïnvloeding door bemesting (referentie rijnwater).

Tabel 5 Analysegegevens grondwatermonsters. De gegevens van de diepe buizen zijn ontleend aan de Monitoring Haarrijnse Plas (Wittekamp, 2007).

Monster	Filterdiepte (cm)	pH	EGV (µS/cm)	Cl mg/l	Ca	K	Mg	Na	S	IC
WV02	90	6,30	797	8,1	144,0	1,0	18,6	22,5	111,0	38,5
WV03	110	6,33	511	17,2	88,5	1,5	10,1	16,8	62,5	22,4
WV05	110	6,74	632	26,5	88,7	1,3	13,3	39,2	80,4	19,4
WV06	115	6,14	594	16,7	103,0	0,9	12,6	18,0	82,1	23,4
WV08	125	6,41	655	21,5	107,0	1,2	16,8	17,8	91,2	22,7
WV10	120	6,22	733	21,4	124,0	0,6	19,0	20,3	105,0	26,1
WV11	135	6,60	608	23,2	107,0	0,6	16,0	13,1	35,0	56,6
WV13	150	7,75	1000	41,4	176,0	0,8	30,7	35,9	38,7	98,8
WV14	120	6,75	745	11,9	140,0	0,6	20,1	17,9	54,1	69,5
WV15	120	6,63	492	15,0	81,3	0,7	9,8	19,7	41,9	33,8
Diepe buizen oktober 2006										
WV5M	5 (m)	7,00	699	22,0	122,0	3,3	13,2	15,6	23,0	
WV30M	30 (m)	7,38	514	36,0	137,0	0,7	14,0	17,0	48,0	

Tabel 6 Resultaten MAION berekeningen.

	K+A	K-A	IR	Verwantschap referentie (%)					AANDEEL(%)		
							Lithotroof				
Nr	meq/l	%	%	Atm	Rijn	Thx	Duvel	Ang	Atm	Ang	Rijn
WV02	18,4	5,8	96,9	13,7	46,4	42,8	30,3	46,3	80	5	15
WV03	11,3	6,5	90,1	19,1	35,9	23,4	36,5	44,8	85	5	10
WV05	14,1	2,8	85,6	28,1	48,3	38,0	26,2	37,8	85	5	10
WV06	13,3	5,2	91,6	23,6	37,2	28,8	27,3	38,0	85	5	10
WV08	14,8	1,6	89,8	22,4	40,7	34,7	26,4	39,2	85	5	10
WV10	16,7	3,6	91,1	21,6	43,8	39,3	23,6	38,2	85	5	10
WV11	13,1	10,7	89,1	-28,5	51,4	36,6	73,6	85,3	65	20	15
WV13	24,4	5,8	88,3	-44,3	66,5	58,2	74,0	92,3	0	70	30
WV14	17,2	9,4	95,4	-26,6	52,8	42,9	69,4	83,8	70	15	15
WV15	10,6	8,5	90,6	-3,9	43,3	25,9	62,4	69,8	75	10	15
Diepe buizen oktober 2006											
WV5M	17,3	-8,2	90,7	-49,4	44,6	31,4	91,0	99,2	35	55	10
WV30M	19,6	-10,6	87,1	-31,2	23,6	1,7	93,6	91,0	80	15	5



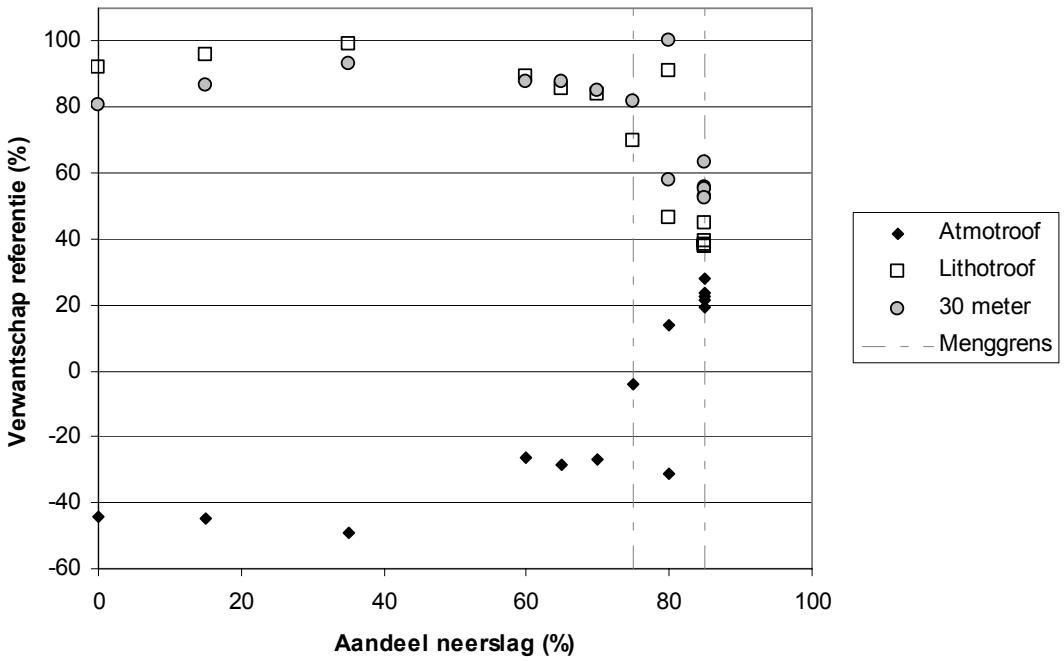
Figuur 9 Theoretische mengverhouding van referentiewatertypen in de watermonsters

Figuur 9 geeft de theoretische mengverhouding van referentiewatertypen in de watermonsters weer. De codes voor de watermonsters verwijzen naar de meetpunten op kaart 3. De gegevens van diepe buizen betreffen gemiddelde waarden van een aantal buizen in de omgeving van Wielrevelt (Wittekamp, 2007).

- In de meeste boorgaten overheerst invloed van atmotroof water. In elk geval bij monster WV02 t/m WV10. Deze liggen allemaal in het noordelijke ¾ deel van het studiegebied

- Alleen in WV13 lijkt geen regenwaterinvloed voor te komen. Dit monster is genomen in het uiterste zuiden, tegen de stroomrug aan. De kalkrijke ondergrond van de stroomrug zal hier waarschijnlijk van invloed zijn.
- WV11 en 14 nemen een tussenpositie in. Deze monsters komen ook uit het zuidelijke deel, op enige afstand van de stroomrug.
- Ook WV15 heeft een redelijke bijdrage van lithotroof water. Hier is mogelijk sprake van invloed vanuit de Haarrijnse plas, waarbij lithotroof water uit de plas zijdelings is geïnfiltreerd door de veenlaag die iets beter doorlatend is dan de zware kleiafzettingen.
- Bij de diepe monsters heeft het monster van 5 meter volgens deze berekening een groot aandeel lithotroof water terwijl het monster van 30 meter veel meer door regenwater bepaald lijkt. Hier is geen goede verklaring voor. Mogelijk zijn de ondiepe bodemlagen kalkrijk afgezet (rivierafzettingen), terwijl de diepere aquifer kalkloos zijn afgezet.) In beide gevallen is de verwantschap met hard grondwater (referentie Angeren) meer dan 90%.
- In alle monsters is sprake van enig aandeel van beïnvloed water. Bij de monsters uit het studiegebied lijkt een hoger aandeel verontreiniging (Rijn) samen te gaan met een hoger aandeel lithotroof grondwater. Dit zou kunnen wijzen op aanvoer van verontreinigd kwelwater of een iets brakke beïnvloeding. Gegeven de hoge sulfaatconcentraties is het denkbaar dat in de venige ondergrond van het studiegebied op ruime schaal pyrietafzettingen voorkomen, die zijn gaan oxideren door ontwatering en/of nitraatuitspoeling (pyrietoxidatie door nitraatreductie) als gevolg van landbouwkundig gebruik.

3.1.2 Neerslagaandeel



Figuur 10 Relatie van het aandeel neerslagwater met referentiewatertypen in de watermonsters.

De theoretische mengverhouding van referentiewatertypen wordt sterk beïnvloed door het verschil in ionconcentratie van de verschillende referentiewatertypen. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 10, waar de verwantschappen met referentiemonsters van atmotroof en lithotroof (Angeren) water uitgezet is tegen het berekende aandeel neerslag in de monsters. Ter vergelijking is ook de verwantschap met de analysegegevens van de 30 meter buis uitgezet. De x-as geeft het berekende aandeel neerslag (atmotroof water), op de y-as zijn de verwantschappen van de verschillende referentiewatertypen uitgezet.

Ondanks het grote aandeel neerslag blijft de verwantschap met lithotroof grondwater hoog. Tot 75% neerslag is verwantschap met lithotroof > 80% en verwantschap met neerslag < 0% Tot 85% neerslag neemt verwantschap met neerslag toe en lithotroof water af, maar lithotroof water blijft dominant aanwezig. Dit komt omdat in neerslagwater de ionconcentratie veel lager is dan in hard grondwater. Er is dan relatief veel neerslagwater nodig om te compenseren voor het sterk lithotrofe karakter. Dit betekent dus dat invloed van lithotroof water aanwezig blijft, ook als is er vrij veel infiltratie van neerslag.

De verwantschap met het water op 30 meter is per monster vergelijkbaar met de verwantschap met lithotroof water. Dit is opvallend omdat het water op die diepte een hoog percentage (80%) neerslagwater heeft.

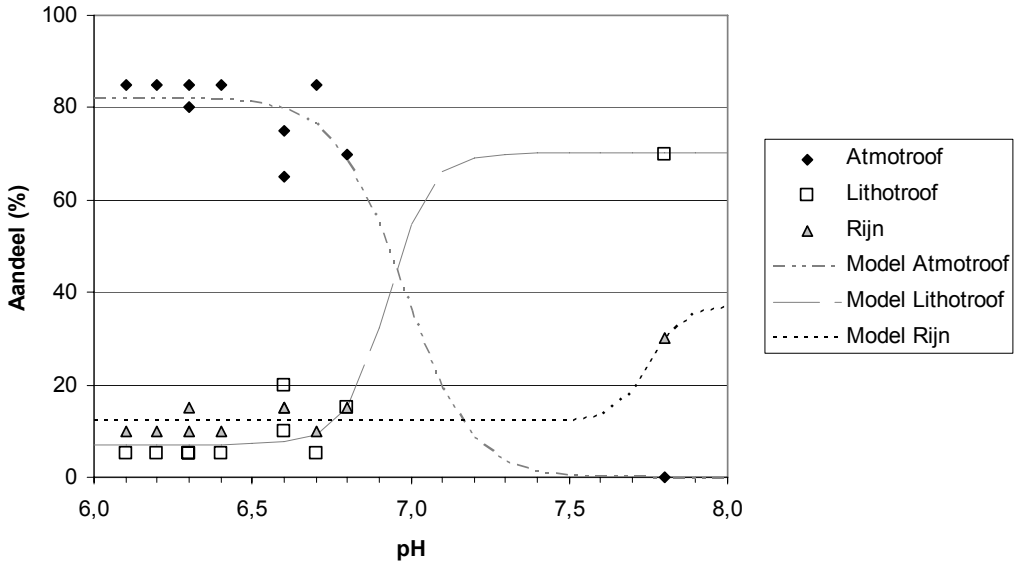
3.1.3 Extrapolatie naar meetpunten

De in de vorige paragraaf besproken verwantschappen met referentiewatertypen zijn afgeleid voor de 10 onderzochte watermonsters en de samenstelling van het grondwater op 5 en op 30 meter. Om voor alle 20 meetpunten een uitspraak te kunnen doen over de samenstelling van het bovenste grondwater zijn de gegevens geëxtrapoleerd op basis van de relatie tussen pH en de mengverhouding tussen referentiewatertypen. In de meetpunten is ook het EGV gemeten, wat de mogelijkheid biedt om een relatie af te leiden voor zowel pH als EGV als verklarende variabelen. Door middel van niet lineaire regressie zijn logistische modellen afgeleid die deze relaties beschrijven. Hierbij wordt uitgegaan van een minimum en maximum voor het aandeel van een referentiewatertype. De relatie heeft een S-vormige curve. Het bleek dat de modellen met pH én EGV een lager percentage verklarende variantie hadden dan de modellen met alleen pH. Daarom is verder gewerkt met de modellen waarin alleen pH als verklarende variabele is gehanteerd. De logistische functies die in het studiegebied de relatie tussen pH en referentiewatertypen beschrijven staan in vergelijking 2 t/m 4. In Figuur 11 zijn deze relaties grafisch weergegeven.

$$\text{Lithotroof} = 7{,}1431 + (62{,}968/(1+\text{EXP}(1{,}3099*(\ 80{,}959-11{,}689*\text{pH}))):\ R^2 = 93{,}5\% \quad (2)$$

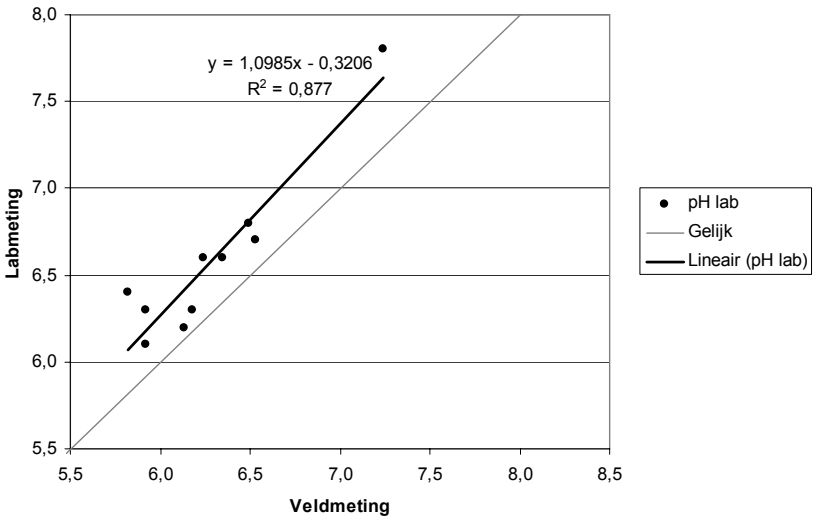
$$\text{Atmotroof} = -0{,}2497 + (82{,}3471/(1+\text{EXP}(0{,}8792*(\ -74{,}8971+\ 10{,}7396*\text{pH}))):\ R^2 = 91{,}9\% \quad (3)$$

$$\text{Rijn} = 12\ + (25/(1+\text{EXP}(2{,}3207*(\ 66{,}1706 - 8{,}5356*\text{pH}))):\ R^2 = 71{,}8\%: \quad (4)$$



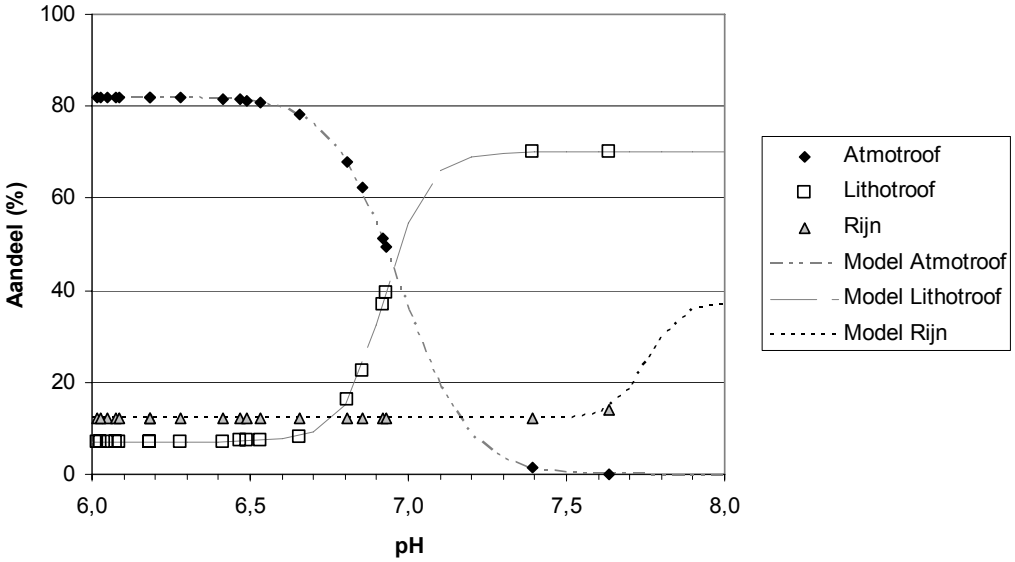
Figuur 11 Aandeel van de referentiewatertypen in de meetpunten zoals deze voorspeld kan worden uit de pH. De punten geven de met MAION berekende mengverhouding weer, op basis waarvan de modellen zijn afgeleid.

Het aandeel atmotroof of lithotroof water is op basis van de pH goed te voorspellen (R^2 resp. 91,9 en 93,5%). De relatie met verontreiniging (rijnwater) is zwakker (71,8 %) maar wel aanwezig. Bij pH < 6,5 is het aandeel neerslagwater hoog (≥ 80%) waarbij nog een klein aandeel hard grondwater herkend kan worden (ca 7%). Tussen pH 6,5 en 7,2 verschuiven deze verhoudingen en neemt het aandeel neerslag af tot nihil terwijl hard grondwater belangrijker wordt. Boven pH 7,2 domineert hard grondwater. De relatie met verontreiniging is minder duidelijk. Het aandeel blijft constant rond 12% tot pH 7,5 waarna het aandeel toeneemt. Omdat de monsters bijna allemaal een pH lager dan 7 hebben is het exacte verloop van de curve onzeker.



Figuur 12 Vergelijking van pH meting in het veld en in het laboratorium.

Omdat de relaties in vergelijking 2 t/m 4 zijn afgeleid op basis van metingen in het laboratorium zijn de veldmetingen van de pH gecorrigeerd volgens de relatie in Figuur 12. Op basis van de aldus gecorrigeerde pH meting in de 20 meetpunten is de mengverhouding van de referentiewatertypen bepaald. De mengverhouding van de watertypen is ook dmv. cirkeldiagrammen weergegeven bij de pH profielen in Bijlage 4.



Figuur 13 Aandeel van de referentiewatertypen in de meetpunten zoals deze voorspeld kan worden uit de pH van het grondwater. De punten geven de op basis van de gecorrigeerde veldmeting berekende mengverhouding weer in de meetpunten.

Een groot deel van de meetpunten wordt gedomineerd door neerslagwater. Slechts bij twee punten (WV13 en WV16) is een dominante invloed van hard grondwater herkenbaar. Vijf punten laten een afnemende neerslaginvloed ten gunste van het aandeel grondwater zien in de volgorde: WV15, WV14, WV05, WV07 en WV12. De invloed van neerslagwater in het bovenste grondwater is op kaart 4 geïnterpoleerd weergegeven.

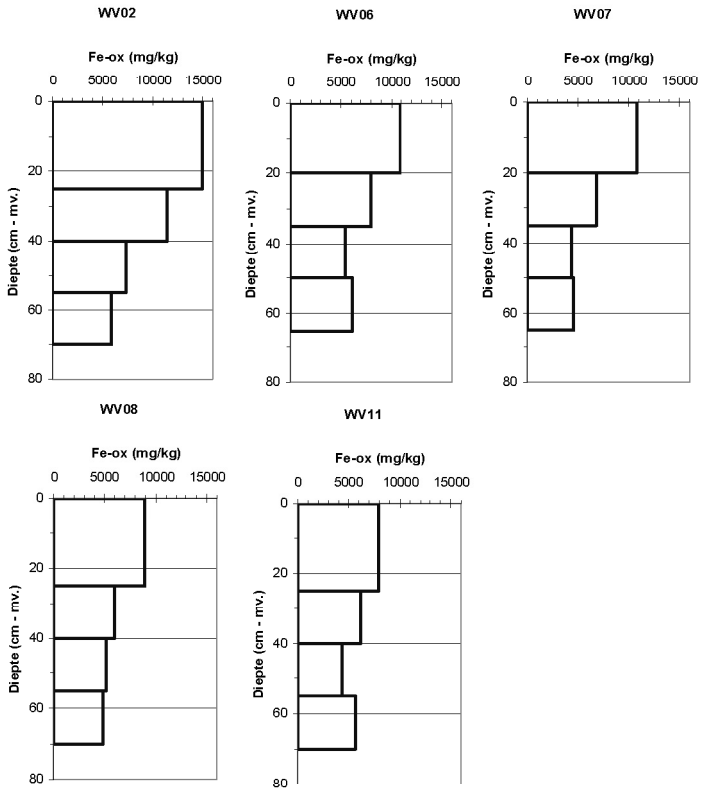
Het lijkt er op dat een gering aandeel neerslagwater (en dus een hoger aandeel lithotroof water) vooral voorkomt in de nabijheid van de stroomrug, op de overgang van hogere naar lagere gronden. Hier zal sprake zijn van een lokale kwelstroom, waarbij het water een lithotroof karakter gekregen heeft door de kalkrijke afzettingen in de ondergrond van de stroomrug. Ook zou sprake kunnen zijn van opstuwing van dieper kwelwater door de hogere druk vanaf de stroomrug. In de lagere delen van het studiegebied lijkt aan de westkant de infiltratie van neerslagwater te overheersen, waardoor de diepere kwel wordt weggedrukt. Meer naar het oosten neemt de invloed van neerslagwater af. Dit lijkt samen te hangen met de dikte van het kleidek (zie kaart 2). Aan de westkant komen *tochteerdgronden (t*Ro..*)* voor met een dunne moerige tussenlaag, terwijl ten noordoosten hiervan *liedeerdgronden (t*Rv..*)* voor komen waarbij het kleidek niet meer dan 40 tot 80 cm dik is. In deze bodems lijkt het diepere kwelwater beter door te dringen naar de bovenste lagen omdat het veen een betere

doorlatendheid heeft dan de zware kleigrond in de *tochteerdgronden*. De watermonsters zijn bij de *liedeerdgronden* over het algemeen ook genomen uit de veenlaag, waarin dus ook kwelwater aanwezig lijkt te zijn. Het geringere aandeel neerslagwater aan de oostrand (met name bij WV12 en WV14) zou te maken kunnen hebben met de nabijheid van de Haarrijnse Plas. Hier zou zijdelingse infiltratie van water uit de plas met een lithotroof karakter een rol kunnen spelen. Bij WV12 is deze invloed groter dan bij WV14 omdat hier het veenpakket dikker is.

3.2 Kwelverschijnselen

Op kaart 4 zijn in het veld waargenomen kwelverschijnselen aangegeven. Dit betreft roestafzetting en ijzerfilms in sloten in de buurt van WV16 en WV20 en een bacteriefilm in een trekkerspoor in het zuidwesten van het perceel waar meetpunt WV03 ligt. Ten tijde van het veldwerk in november 2007 waren weinig kwelverschijnselen zichtbaar omdat in de voorafgaande periode veel regen was gevallen, waardoor de sloten veel neerslagwater bevatten.

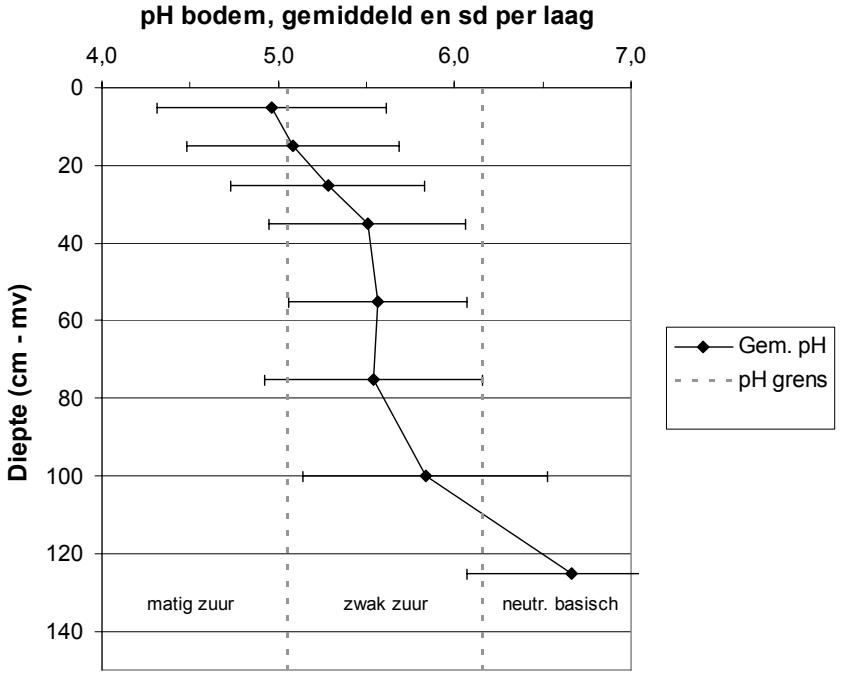
3.3 IJzerprofielen



Figuur 14 Verloop van het ijzergehalte in de bodem (Fe-ox) met de diepte in de vier bemonsterde meetpunten. De hogere gehaltes in de bovengrond wijzen op aanvoer van ijzer met kwelwater.

In Figuur 15Figuur 14 is het ijzergehalte (Fe-ox) per laag uitgezet voor de vijf bemonsterde meetpunten. Met de oxalaat-extractie zijn de amorfe ijzer (en aluminium-) hydroxiden bepaald in de bodem. Deze zijn deels afkomstig uit de verwering van kleimineralen. Door de wisselend oxiderende en reducerende omstandigheden in droge en natte omstandigheden zijn deze boven GLG niveau te herkennen als roestvlekken. De blauwgrijze kleur van de gereduceerde zone onder GLG niveau wordt veroorzaakt door gereduceerd ijzer. Bij bodems die onder invloed staan van diepe kwel, of dit in het verleden hebben gedaan, is een sterke accumulatie van ijzer in de bovengrond te zien, waarbij dus meer ijzerhydroxiden voorkomen dan op grond van de verwering van kleimineralen te verwachten zou zijn. Dit is duidelijk zichtbaar in de ijzerprofielen in Figuur 14. Met name in WV02, WV06 en WV07 is dit evident. Hier bevat de bovengrond meer dan 10 gram ijzerhydroxiden per kg. Deze punten liggen in het noordoosten op bodems met een relatief dun kleidek, waardoor, in elk geval in het verleden, een sterke kwelinvloed tot in de bovengrond kan voor komen. Als door afname van de kweldruk of vorming van neerslaglenzen de kwelinvloed is afgenomen moeten we dit als fossiele bodemkenmerken beschouwen. In de andere twee bemonsterde profielen is ook accumulatie van ijzer in de bovengrond waar te nemen, echter in mindere mate dan in de overige drie punten. Dit wijst erop dat de kwelinvloed in de bovengrond hier altijd geringer is geweest door het dikkere pakket ondoorlatende zware klei.

3.4 pH profielen



Figuur 15 Gemiddeld pH profiel voor alle metingen

De pH metingen die in het veld gedaan zijn op verschillende dieptes in de bodem zijn opgenomen in Tabel 8. De gemiddelde pH per laag is uitgezet in Figuur 15. In de bovenste decimeters van het profiel is de pH over het algemeen lager dan in diepere lagen als gevolg van regenwaterinfiltratie en zuurproductie in de bovengrond (ca 5,0). Tot 80 cm is de gemiddelde pH dan ongeveer 5,5, waarna in diepere lagen waar de invloed van kwel en/of toestroming van water uit de kalkrijke stroomrug, de pH kan oplopen tot 6,5 à 7. Het gemiddelde profiel wijst hierbij dus op een meer of minder sterke invloed van neerslagwater in het bovenste deel van het profiel. De spreiding is vrij constant met de diepte en varieert tussen 0,5 en 0,7. De individuele pH profielen kunnen vrij sterk verschillen. Dit wordt besproken in 3.5 en wordt geïllustreerd door de pH profielen in Bijlage 4.

3.5 Hydrotypen

In paragraaf 3.1 is beschreven in hoeverre het bovenste grondwater bestaat uit lithotroof (hard) grondwater, of in meer of mindere mate verdund is door de infiltratie van neerslagwater. Omdat dit grondwater zich op GLG-niveau op ongeveer een halve tot een hele meter beneden de wortelzone bevindt, zal de invloed niet overal tot in de wortelzone merkbaar zijn. Bij voldoende kweldruk en een hoog aandeel lithotroof grondwater zal tot hoger in het profiel de zuurgraad gebufferd worden dan wanneer het grondwater sterker verdund is bij een neerslaglens. Om aan te kunnen geven in hoeverre de kwelinvloed de wortelzone bereikt zijn de pH profielen en het aandeel lithotroof water volgens de sleutel in Tabel 7 vertaald naar 'hydrotypen'. De hoofdingang is het aandeel lithoroof water in het bovenste grondwater. Als dit groter is dan 10% kan er enige kwelinvloed verondersteld worden. Om het pH profiel te interpreteren wordt de maximale pH van het hele profiel beoordeeld en de pH in de bovengrond (0 – 20 cm – mv.) en voor het traject tussen 20 cm en GLG niveau.

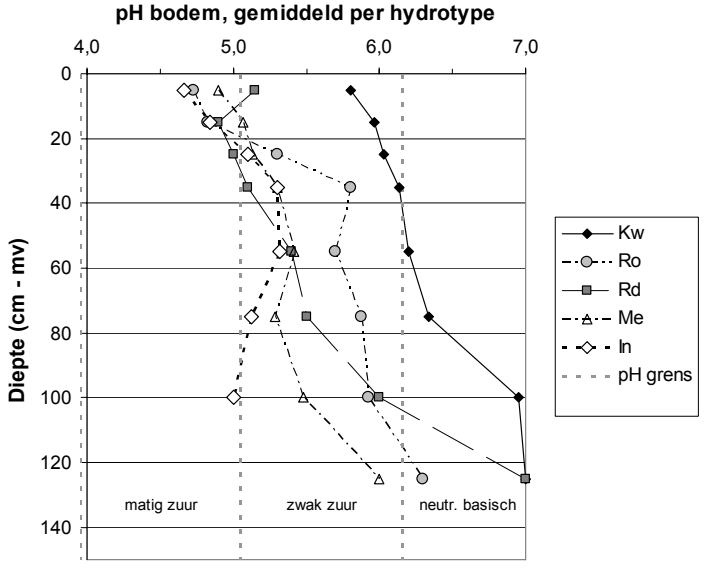
Tabel 7 Sleutel voor hydrotypen op basis van aandeel lithotroof water en veldmeting van de pH.

Hydrotype		**pH profiel (bodem)**			
Code	**% lithotroof**	**pH max**	**pH 0 - 20**	**pH 20 - GLG**	**Omschrijving**
Kw	≥ 10%	≥ 5,5	≥ 5,0	≥ 5,5	Kwelinvloed in wortelzone
Ro	≥ 10%	≥ 5,5	< 5,0	≥ 5,5	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
Rd	≥ 10%	≥ 5,5	< 5,0	< 5,5	Kwelinvloed aanwezig, diepe regenwaterlens
Me	< 10%	≥ 5,5	≥ 5,0	< 5,5	Mengwater
In	< 10%	< 5,5	< 5,0	< 5,5	Infiltratieprofiel

Tabel 8 Hydrotype op basis van aandeel lithotroof water, pH metingen en GLG

	Lithotroof	pH meting per diepte (cm – mv)								GLG	
Monster	**(%)**	**5**	**15**	**25**	**35**	**55**	**75**	**100**	**125**	**(cm – mv)**	**hydrotype**
WV01	7,1	4,5	4,8	5,2	5,2	5,0	5,0			85	In
WV02	7,2	5,0	5,2	5,2	5,4	5,5	5,7	6,0		75	Me
WV03	7,1	4,5	4,7	4,9	5,0	5,2	5,2		.	75	In
WV04	7,1	5,0	5,1	5,2	5,4	5,4	5,4			80	In
WV05	22,6	4,8	5,2	5,4	5,5	5,3	5,2			80	Kw
WV06	7,1	4,8	4,9	5,2	5,4	5,5	5,0	5,0		80	In
WV07	36,8	4,5	4,5	5,0	5,7	5,5	5,5	5,7		90	Ro
WV08	7,1	5,0	5,0	5,2	5,5	5,5	5,4	5,0		80	Me
WV09	7,2	5,5	5,0	5,0	4,8	5,5	5,5	6,5		95	Rd
WV10	7,2	5,0	5,0	5,2	5,2	5,4	5,5	5,4		75	Me
WV11	7,3	4,8	4,8	5,0	5,4	5,3	5,5	5,5	7,0	115	Rd
WV12	39,5	4,7	5,0	5,5	5,8	5,8	6,0	6,0	6,3	85	Ro
WV13	70,1	5,1	5,2	5,2	5,4	5,8	6,3	6,0	6,4	130	Kw
WV14	16,1	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	*95*	Kw
WV15	8,1	5,0	5,0	5,2	5,5	5,5	5,7	5,5		*80*	Ro
WV16	70,1	4,7	4,8	5,5	6,2	6,0	6,3	6,5		*130*	Ro
WV17	7,1	4,8	5,2	5,2	5,0	5,2	5,0	6,0		*80*	Me
WV18	7,1	5,0	5,0	5,0	5,3	5,5	5,3	5,0	6,0	*80*	Me
WV19	7,1	4,6	5,0	5,0	5,4	5,4	4,8	5,5		*80*	Me
WV20	7,1	4,5	4,7	5,0	5,5	5,5	5,0			*80*	In

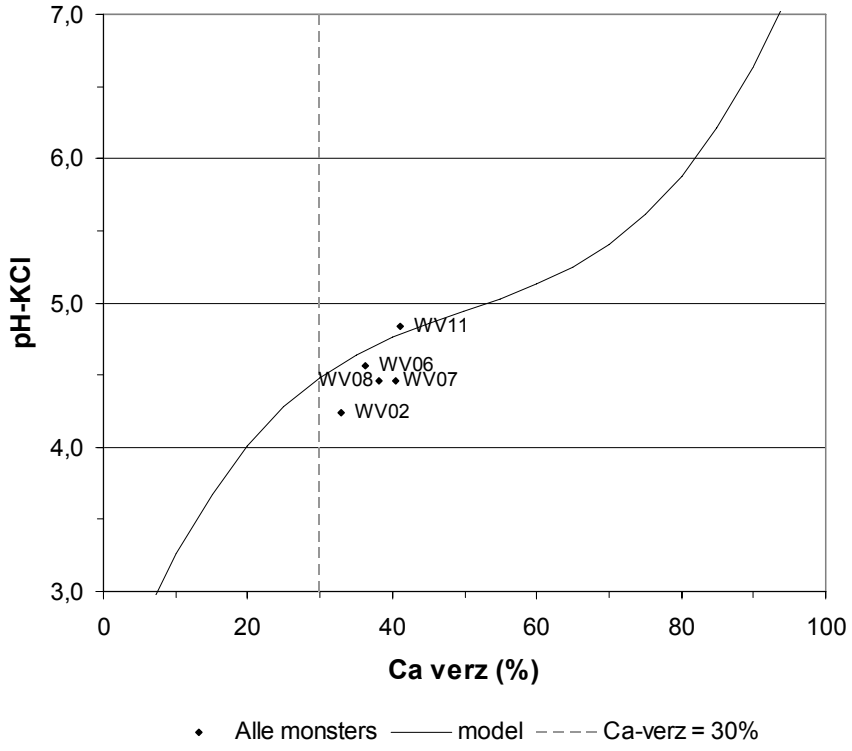
In Tabel 8 is de beoordeling gegeven van de hydrotypen in de 20 meetpunten. Deze is op kaart 4 door middel van gekleurde stippen weergegeven. In Figuur 16 is het gemiddeld pH profiel per hydrotype uitgezet.



Figuur 16 Gemiddeld pH profiel per hydrotype.

Bij drie meetpunten is de kwelinvloed tot in de wortelzone herkenbaar. Het aandeel lithotroof water varieert hierbij van 16 tot 70% en in de wortelzone is de pH hoger dan 5,0. Ondiepe regenwaterlenzen (N = 4) komen tot uiting in een pH < 5,0 in profielen die overigens vergelijkbaar zijn met de kwelprofielen. Het aandeel lithotroof water is 8,1 – 70%. De grens van pH = 5,5 wordt tussen 20 en 30 cm – mv. overschreden en de pH in de ondergrond is vaak > 6,0. Hier is dus alleen de bovengrond verzuurd. Waar de neerslaglens dieper is doorgedrongen en de pH tot aan GLG niveau niet boven 5,5 uit komt onderscheiden we een diepe neerslaglens (N = 2). Bij de profielen met een laag aandeel lithotroof water (< 10%) wordt onderscheid gemaakt tussen infiltratieprofielen, waarbij de pH in het hele profiel lager is dan 5,5 en in de bovengrond < 5,0 (N = 5) en de mengwaterprofielen, waarbij mogelijk toch nog enige invloed van lithotroof water onderscheiden kan worden, waarbij in de bovengrond pH ≥ 5,0 en op grotere diepte, onder GLG niveau ≥ 5,5 (N = 5).

3.6 Zuurbuffer



Figuur 17 Relatie tussen calciumverzadiging en pH-KCl in de bovengrondmonsters.

Bij de 5 bovengrondmonsters is de calciumverzadiging bepaald (zie ook 2.7.1). Dit geeft aan welk deel van het adsorptiecomplex bezet is met calciumionen. Bij kalkloze bodems is dit het belangrijkste buffermechanisme. In Figuur 17 is de pH-KCl van deze monsters uitgezet tegen de calciumverzadiging. In de figuur is ook de relatie aangegeven zoals deze is gevonden tussen calciumverzadiging en pH-KCl in een

groot aantal monsters uit natuurterreinen. De calciumverzadiging in de monsters varieert van 33 tot 41 %. Hierdoor wordt de zuurgraad gebufferd tussen pH-KCl = 4,2 en 4,8. Alle monsters bevinden zich in het traject waarbij de kationuitwisseling het belangrijkste zuurbuffermechanisme is (tussen 30 en 80%). Met name bij WV02 is deze wel erg laag, zeker voor een kleigrond. Als gevolg van uitspoeling van basen bij de vorming van een neerslaglens kan de zuurbuffer hier nog verder afnemen, waardoor de zuurgraad verder kan dalen.

4 Ecopedologische geschiktheid

In paragraaf 2.1 is een beschrijving van het gebied gegeven en in 2.2 de voorlopige conclusies uit de waternoodstudie, waarbij vooral het gebrek aan gegevens over kwel een beperking bleek te zijn om uitspraken te doen over de realisatiekansen voor *Dotterbloemhooiland*. Vervolgens zijn in hoofdstuk 3 de resultaten besproken van de afzonderlijke onderdelen van het ecopedologisch onderzoek. In dit hoofdstuk zal deze informatie geïntegreerd worden in een systeembeschrijving (4.1) en zal een beoordeling worden gegeven van de ecopedologische geschiktheid voor *Dotterbloemhooiland* (4.2 en 4.3) en welke conclusies daaruit getrokken moeten worden (4.4). Voor het beoordelen van de ecopedologische geschiktheid is de benadering van de ecologische typering van bodems gehanteerd (Kemmers en de Waal, 1999; Kemmers, de Waal et al., 2002).

4.1 Systeembeschrijving

De hydrologie (grondwaterstanden, –stromingen en waterkwaliteit) in het studiegebied worden bepaald door de volgende factoren:
- regionaal hydrologisch systeem met diepere kwel
- lokale kwel vanaf de stroomrug
- peilbeheer in de sloten
- peil en waterkwaliteit Haarrijnse Plas
- bodemkundig/geologische opbouw

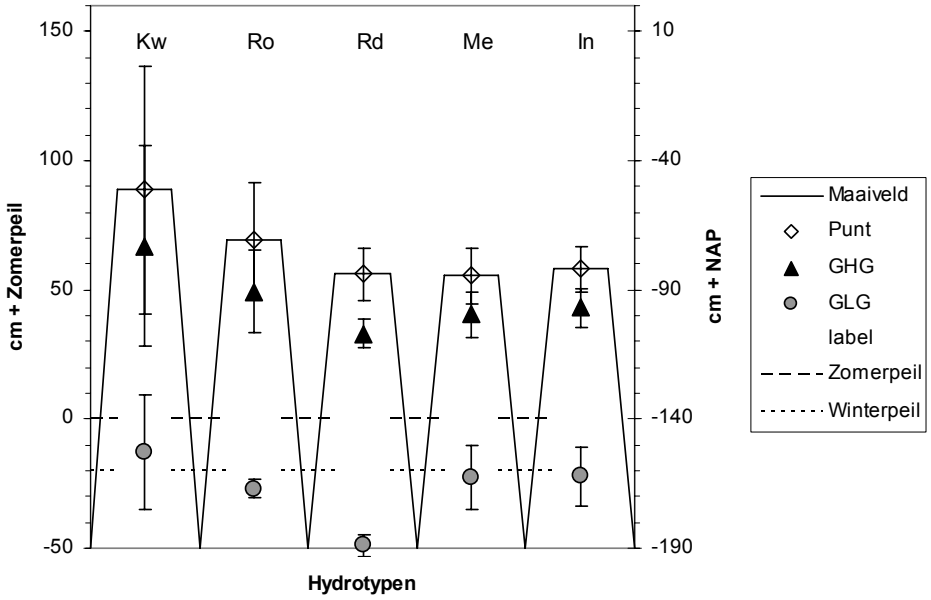
In hoofdstuk 2 en 3 zijn deze factoren beschreven, in deze paragraaf wordt de informatie gecombineerd om een totaalbeeld te krijgen. Op kaart 4 zijn de belangrijkste hydrologische relaties weergegeven. In Bijlage 2 en Bijlage 3 zijn dwarsdoorsneden opgenomen die de opbouw van het studiegebied in een transect van zuid naar noord beschrijven. De ligging van dit transect is weergegeven op kaart 3.

Kwel
Het grootste (lagere) deel van het studiegebied heeft in het verleden onder invloed gestaan van regionale kwel. Dit is nog duidelijk te herkennen aan de hoge ijzergehaltes in de bovengrond (zie 3.3), vooral bij de *liedeerdgronden (tRv..)* waar het kleidek dunner is dan bij de overige gronden in het studiegebied (zie ook kaart 2 en Bijlage 2). Het kleidek is slecht doorlatend, waardoor de kwelstroom wordt afgeremd en mogelijk deels wordt afgebogen naar de delen met een dunner kleidek. In een groot deel van het studiegebied is de invloed van regionale kwel nog wel min of meer aanwezig. Deze lijkt het sterkst in het midden en oosten, bij WV05, WV07, WV12 en WV15. In deze zone komen wel ondiepe neerslaglenzen voor, waardoor de bovengrond iets verzuurd is. Dit gebied komt vrij goed overeen met de zone waar volgens modelberekeningen een kwel van 0,05 – 0,3 mm/dag zou moeten voor komen (Dorst, 2007).

In een groot deel aan de westzijde, waar het kleidek dikker is, is de kwelinvloed verdwenen. Hier is geen sprake meer van regenwaterlenzen, maar van beginnende infiltratieprofielen. Voor een deel valt dit samen met de verbreiding van de *tochteerdgronden (tRo..)* waar de kwelinvloed oorspronkelijk ook al minder was dan bij de *liedeerdgronden.* Naast typische infiltratieprofielen komen hier ook mengwater-profielen voor, waarbij nog wel enige kwelinvloed waarneembaar lijkt (zie 3.5).

Aan de zuidkant van het studiegebied, op de overgang naar de stroomrug, komt een zone voor waar het water een sterk lithotroof karakter heeft en tot hoog in het profiel kwelinvloed aanwezig is. Het is minder waarschijnlijk dat dit verband houdt met regionale kwel. Hier speelt lokale kwel vanaf de stroomrug een rol (zie kaart 4). Door de kalkhoudende ondergrond van de stroomrug (zie kaart 2) heeft het water een meer lithotroof karakter gekregen. In dekzandgebieden wordt op de overgang van lokale ruggen naar lager gelegen delen van een beekdal vaak een opstuwing van regionaal grondwater door het lokale systeem waargenomen (Jansen et al., 2000; Delft en Jansen, 2003). Het is niet duidelijk of dat hier ook het geval is.

Relatie hydrotypen en peilbeheer



Figuur 18 Gemiddelde positie ten opzichte van polderpeil per hydrotype.

In Figuur 18 is de relatie tussen maaiveldhoogte, GHG en GLG in de punten schematische weergegeven ten opzichte van het zomerpeil (-140 cm + NAP). De waarden zijn gemiddeld per hydrotype. De verticale lijnen geven de spreiding aan. De kwelprofielen (Kw) en ondiepe neerslaglenzen (Ro) hebben in vergelijking met de overige hydrotypen gemiddeld een wat hogere maaiveldligging ten opzichte van het polderpeil. De drooglegging is hier dus groter. Voor de kweltypen geldt dit meer dan voor de ondiepe neerslaglenzen.

De GHG lijkt zich voornamelijk aan het maaiveld aan te passen, hoewel bij de kwelprofielen de spreiding groot is. In deze groep zitten twee punten uit het zuiden, met Gt IIIb en Vbo. Deze liggen dus ook wat hoger tov. het polderpeil.

Bij de kweltypen zijn de grondwaterstanden het hoogste ten opzichte van het polderpeil. Hier is de stijghoogte door de kweldruk dus hoger dan bij de andere hydrotypen. De GLG is hier gemiddeld het dichtste bij het zomerpeil. Het grootste deel van het jaar hebben de sloten hier een drainerende werking, waardoor geen neerslagwater kan accumuleren in de bodem.

Bij ondiepe neerslaglenzen is de stijghoogte geringer, waardoor de grondwaterstanden rond GLG tot onder het winterpeil zakken. Hier zou enige zijdelingse infiltratie kunnen plaatsvinden. Wanneer in een natte periode de sloten gevuld zijn met regenwater zal het regenwater dus in de bodem kunnen doordringen. Ook water dat op het maaiveld blijft staan zal sneller infiltreren dan bij de kwelprofielen.

Bij de diepe neerslaglenzen (Rd) is opvallend dat de GLG zich bijna 30 cm onder het winterpeil bevindt, terwijl deze profielen toch in het lagere deel van het studiegebied voor komen. Hier zal dan relatief veel neerslagwater kunnen infiltreren. Ook de GHG ligt hier relatief diep. Kennelijk is de kweldruk hier te gering voor een grotere stijghoogte. De weerstand van het kleidek speelt daar een grote rol in.

De mengwatertypen (Me) en infiltratieprofielen (In) verschillen weinig van elkaar. De GLG bevindt zich in de buurt van het winterpeil en de GHG 15 à 20 cm beneden maaiveld. Ook bodemkundig zijn er geen duidelijke verschillen. Beide hydrotypen komen vooral voor bij de *tochteerdgronden (tRo)*. Het is wel zo dat de mengwatertypen vooral voorkomen in de zuidelijke helft van het studiegebied, waar mogelijk wat meer kwelinvloed zit.

Relatie met Haarrijnse Plas

Zoals in 2.1 is beschreven is het peil in de Haarrijnse Plas hoger dan in het studiegebied en lager dan in de hogere gronden op de stroomrug ten zuiden hiervan (zie ook Figuur 3 en kaart 1). Dit betekent dat de plas aan de rand van de stroomrug een drainerend effect heeft, terwijl aan de westrand van het studiegebied enige infiltratie vanuit de plas verwacht mag worden. De omvang van deze grondwaterstromingen zal beperkt zijn waar de bodems geheel uit zware klei zijn opgebouwd. Naarmate de veenlagen dikker worden in noordelijke richting kan het belang van deze zijdelingse infiltratie toenemen. Een aanwijzing hiervoor is het relatief hoge aandeel lithotroof water bij WV12 (39,5%) waar het profiel van 80 tot 110 cm – mv. uit veen bestaat. Deze horizontale stromingen naar en vanuit de Haarrijnse Plas zijn op kaart 4 met pijlen aangegeven.

Omdat de samenstelling van het water in de Haarrijnse Plas overeenkomt met die van lithotroof grondwater zou overwogen kunnen worden of water uit de plas ingelaten moet worden. Bij de diepe neerslaglenzen, mengwatertypen en infiltratieprofielen zou hiermee een meer gebufferd watertype zijdelings in de bodem kunnen infiltreren. Door het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden wordt een

open verbinding van de sloten met het water in de plas als ongewenst gezien vanwege de mogelijk eutrofiërende werking van het polderwater op de schone plas. Inlaat onder vrij verval zou wel overwogen kunnen worden.

4.2 Standplaatseisen Dotterbloemhooiland

Om de realisatiekansen voor een natuurdoeltype te kunnen beoordelen worden de standplaatsfactoren die verband houden met vocht, zuurgraad en voedselrijkdom vergeleken met de standplaatseisen van het natuurdoeltype, in dit geval *Dotterbloemhooiland*. In Tabel 9 zijn de abiotische randvoorwaarden voor *Dotterbloemhooiland* opgenomen zoals die in Waternood (Runhaar en Hennekens, 2006) gehanteerd worden. In de volgende paragrafen zal besproken worden in hoeverre de standplaatsen in het studiegebied aan deze randvoorwaarden voldoen.

Tabel 9 Abiotische randvoorwaarden voor Dotterbloemhooiland (16Ab4 - Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid). (Runhaar en Hennekens, 2006).

Standplaatsfactor	***Suboptimaal links***	***Optimaal***	***Suboptimaal rechts***
GVG (cm – mv.)	*-10 – 0*	*0 – 30*	*30 – 40*
GLG (cm – mv.)	*10 – 25*	*25 – 70*	*70 – 90*
Zuurgraad		*matig zuur/zwak zuur*	
Voedselrijkdom		*matig voedselrijk*	*zeer voedselrijk*

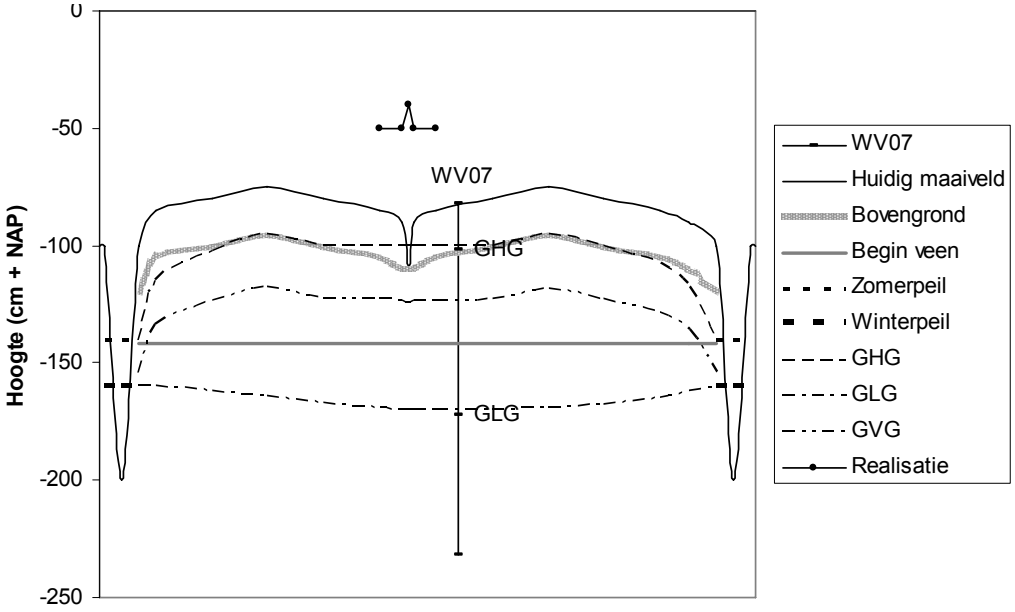
4.3 Realisatiekansen Dotterbloemhooiland

Voor de 20 meetpunten is in Tabel 10 een inschatting gemaakt van de realisatiekansen voor *Dotterbloemhooiland*. Op kaart 5 zijn deze kansen door middel van gekleurde stippen weergegeven. De beoordeling heeft in eerste instantie plaatsgevonden voor de individuele abiotische randvoorwaarden (GVG, GLG en Zuurgraad) waarbij een optimale waarde is aangeduid met 2, een suboptimale waarde met 1 en een ongeschikte waarde met 0. Voor de zuurgraad is zowel de actuele zuurgraad beoordeeld, als de zuurgraad die op lange termijn zal ontstaan, waarbij de verwachting is dat infiltratieprofielen, mengwatertypen en diepe neerslaglenzen op termijn zullen verzuren, ook al is de huidige zuurgraad wel in orde. De voedselrijkdom is niet in de beoordeling betrokken omdat in alle gronden in het studiegebied de natuurlijke voedselrijkdom geen bezwaar is voor *Dotterbloemhooiland* (zie ook hoofdstuk 5). Bij het bepalen van de realisatiekans is er van uit gegaan dat de minimale waarde van de beoordeelde randvoorwaarden doorslaggevend is.

Vochttoestand

De vochttoestand is nergens optimaal voor *Dotterbloemhooiland*. Bij 11 meetpunten voldoen zowel GVG als GLG binnen het suboptimale bereik. Deze punten zijn iets te droog voor een optimale standplaats. Bij 3 meetpunten rondom de eendenkooi voldoet wel de GLG, maar niet de GVG. De overige 6 meetpunten zijn over de hele linie te droog. Vijf van deze punten liggen op de overgang naar de stroomrug. Punt WV07 ligt op een iets hoger deel binnen een perceel dat overigens wel geschikt lijkt voor *Dotterbloemhooiland*.

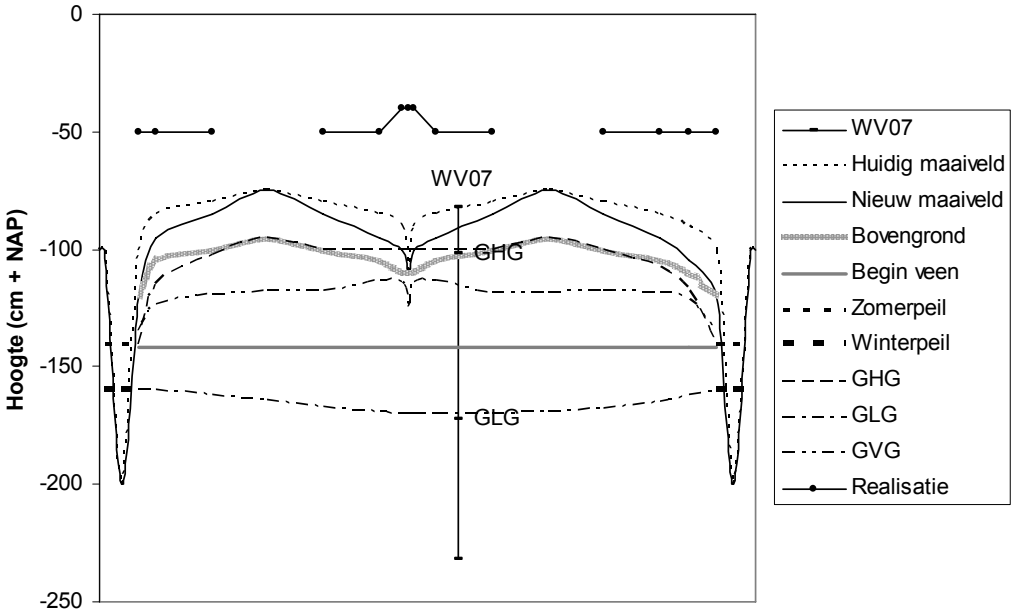
De vochttoestand is beoordeeld op basis van de schattingen van het grondwaterstandsverloop in de boorpunten. Door de bolle ligging van de percelen zal de variatie in grondwaterstanden en daarmee in de vochttoestand binnen de percelen groter zijn dan uit deze punten afgeleid kan worden. Daarom zullen er binnen percelen die als te droog ingeschat worden toch zones voorkomen die nat genoeg zijn en wellicht zelfs binnen het optimale bereik voor *Dotterbloemhooiland* komen. Om dit te illustreren is in Figuur 19 een schematische dwarsdoorsnede opgenomen van het perceel waar WV07 ligt. Het verloop van GHG, GVG en GLG is geschat vanuit het boorpunt en naar de streefpeilen in de sloten. Zoals uit Tabel 10 blijkt is in punt WV07 de standplaats te droog voor *Dotterbloemhooiland*. Bovenin de figuur is de zone aangegeven waarbinnen realisatie van dit natuurdoel wel mogelijk is. Langs de greppel is een smalle strook met een optimale vochttoestand (de piek in de lijn) en daarnaast nog een zone waar deze suboptimaal is.



Figuur 19 Voorbeeld van effect bolle ligging van het perceel bij WV07.

Door vernatting zouden meer punten geschikt gemaakt kunnen worden en zouden ook meer optimale grondwaterstanden bereikt kunnen worden. Vernatting door peilverhoging is echter riskant omdat daarmee de toch al geringe kwelflux weggedrukt zou kunnen worden. Een andere mogelijkheid kan zijn om plaatselijk een deel van het maaiveld af te graven, zodat dit dichter bij het grondwater komt. Bij de ondiepe neerslaglenzen en kwelprofielen met grondwatertrap IIa zou dit een verbetering kunnen geven. Bij drogere grondwatertrappen (IIIb en Vbo) in het zuidelijk deel zou erg veel afgegraven moeten worden en bij de overige profielen zal de afwezigheid van voldoende kwelinvloed geen duurzame ontwikkeling van *Dotterbloemhooiland* mogelijk maken omdat de zuurgraad onvoldoende gebufferd wordt. Met het deels afgraven van percelen wordt ook de in de vorige alinea beschreven variatie binnen percelen versterkt. Door onder een flauw talud af te graven kan de afwatering gegarandeerd worden en wordt de gradiënt binnen het

perceel versterkt. In Figuur 20 is geïllustreerd hoe de realisatie van *Dotterbloemhooiland* verbeterd kan worden door een deel van de bovengrond af te graven en daarmee de bolle ligging te versterken. Binnen het perceel komen nu drie zones voor waar dit mogelijk is en de zone langs de greppel, waar de omstandigheden optimaal zijn is verbreed.



Figuur 20 Voorbeeld van effect van afgraven van een deel va de bovengrond van het perceel bij WV07.

Zuurgraad

De huidige zuurgraad van de bovengrond kan afgeleid worden uit de veldmetingen van de pH. Volgens Waternood zijn de realisatiekansen voor *Dotterbloemhooiland* optimaal bij een matig of zwak zure bovengrond. Dit komt overeen met pH-H_2O 4,5 – 6,5. De veldmeting met indicatorstrookjes geeft een wat lagere pH waarde dan de pH-H_2O bepaling in het laboratorium. Uit een groot aantal bodemmonsters, waarin zowel de veldmeting als de pH-H_2O bepaling gedaan is, is een relatie tussen deze bepalingen afgeleid. Hiermee zijn de klassengrenzen voor de zuurgraad omgerekend naar grenzen voor de veldmetingen (Tabel 11).

Alle pH metingen voor de huidige situatie in de bovengrond vallen in de klassen matig en zwak zuur (zie Tabel 8 en Bijlage 4). Hiermee zal de actuele zuurgraad voldoen voor dotterbloemhooiland. In Tabel 10 is dit aangeduid met de klasse 2 (optimaal).

De huidige zuurgraad zal alleen in stand gehouden worden bij voldoende aanvulling door kwel. Alleen bij kwelprofielen is dit op lange termijn gegarandeerd. Voor ondiepe neerslaglenzen kan de situatie veilig gesteld worden door het verbeteren van de oppervlakkig afwatering, bijvoorbeeld door het versterken van de bolle ligging van de percelen. Bij de overige hydrotypen is de kans groot dat deze op den duur verzuren tot te lage waarden. Een indicatie hiervoor is de lage calciumverzadiging bij WV02 en WV08. Door infiltratie van neerslagwater zal de calciumverzadiging en

daarmee de zuurbuffer verder afnemen en de zuurgraad dalen. Daarom zijn deze punten in Tabel 10 voor de potentiële zuurgraad beoordeeld met 0.

Tabel 10 Realisatiekansen voor Dotterbloemhooiland volgens Waternood (zie ook kaart 5). Beoordelingsfactoren: 2optimaal, 1 suboptimaal, 0 ongeschikt.

							Zuur		Realisatiekans	
Punt	GHG	GLG	GVG	Hydrotype	GVG	GLG	Act.	Pot.	Act. zuur	Pot. zuur
WV01	20	85	42,3	In	0	1	2	0	0	0
WV02	20	75	40,6	Me	0	1	2	0	0	0
WV03	20	75	40,6	In	0	1	2	0	0	0
WV04	10	80	33,5	In	1	1	2	0	1	0
WV05	10	80	33,5	Kw	1	1	2	2	1	1
WV06	10	80	33,5	In	1	1	2	0	1	0
WV07	20	90	43,1	Ro	0	0	2	2	0	0
WV08	15	80	37,5	Me	1	1	2	0	1	0
WV09	20	95	44	Rd	0	0	2	0	0	0
WV10	10	75	32,7	Me	1	1	2	0	1	0
WV11	26	115	52,1	Rd	0	0	2	0	0	0
WV12	15	85	38,3	Ro	1	1	2	2	1	1
WV13	30	130	57,8	Kw	0	0	2	2	0	0
WV14	25	95	47,9	Kw	0	0	2	2	0	0
WV15	15	80	37,5	Ro	1	1	2	2	1	1
WV16	30	130	57,8	Ro	0	0	2	2	0	0
WV17	15	80	37,5	Me	1	1	2	0	1	0
WV18	15	80	37,5	Me	1	1	2	0	1	0
WV19	15	80	37,5	Me	1	1	2	0	1	0
WV20	15	80	37,5	In	1	1	2	0	1	0

Tabel 11 Grenswaarden voor zuurgraadklassen voor diverse pH bepalingen

	pH H_2O	pH-veld	pH_KCl
zuur	< 4,5	< 3,95	< 3,80
matig zuur	4,5 - 5,5	3,95 - 5,05	3,80 - 4,86
zwak zuur	5,5 - 6,5	5,05 - 6,16	4,86 - 5,91
neutr. basisch	> 6,5	> 6,16	> 5,91

Realisatiekansen

De realisatiekansen zijn bepaald voor de actuele, de potentiële zuurgraad en de vochttoestand. Hoewel de zuurgraad in kleigronden minder snel zal dalen dan in zandgronden moet hier op termijn wel degelijk rekening gehouden worden.

Bij de huidige zuurgraad zijn 11 meetpunten geschikt voor *Dotterbloemhooiland*, hoewel de vochttoestand suboptimaal is. Bij verdergaande verzuring in de meetpunten zonder kwel zullen uiteindelijk 3 punten overblijven (WV05, WV12 en WV15).

Plaatselijk zullen, in lagere delen van de percelen, de realisatiekansen hoger zijn dan hierboven ingeschat. Verbetermogelijkheden zijn er door het plaatselijk afgraven van

de bovengrond, binnen de percelen waar voldoende regionale kwelinvloed aanwezig is. Dat zou bijvoorbeeld gelden bij WV07 en WV14.

4.4 Conclusies en aanbevelingen

Op kaart 5 zijn de realisatiekansen voor *Dotterbloemhooiland* en mogelijke inrichtingsmaatregelen aangegeven.

- Het gebied biedt uitstekende mogelijkheden voor de ontwikkeling van verschillende vegetaties langs gradiënten van vocht en zuurgraad. Van zuid naar noord is een belangrijke vochtgradiënt te onderscheiden vanaf de stroomrug. Min of meer gelijk met de afname van de dikte van het kleipakket neemt van zuid naar noord en van west naar oost de kwelinvloed en daarmee de zuurbuffer toe. Binnen de percelen komen door de bolle ligging ook belangrijke vochtgradiënten voor.
- Ontwikkelingsmogelijkheden voor *Dotterbloemhooiland* doen zich met name voor in het oostelijke deel van het studiegebied, waar regionale kwel voor komt in combinatie met grondwatertrap IIa of IIIa. Omdat de GLG en/of de GVG zich in het suboptimale bereik bevinden zijn deze gronden wel aan de droge kant. De beste kansen zullen zich voordoen in de lagere delen binnen de percelen, langs de sloten en greppels.
- Het westelijke deel is, zeker op termijn, te zuur. Hier zullen zich dan zuurdere varianten van nat schraalgrasland ontwikkelen.
- In het zuidelijk deel op de overgang naar de stroomrug is de zuurbuffer gegarandeerd door lokale kwel, maar deze gronden zijn te droog voor *Dotterbloemhooiland*. Hier is eerder een ontwikkeling in de richting van het *Glanshaververbond* te verwachten.
- Vernatten door het instellen van een hoger peil is niet aan te raden vanwege het risico dat de toch al geringe kweldruk zal wegvallen. Door het deels afgraven van de bovengrond kan het maaiveld plaatselijk dichter bij het grondwater gebracht worden, waardoor (in het gebied met regionale kwel) de realisatiekansen voor *Dotterbloemhooiland* verbeterd kunnen worden. Hiermee kan ook de interne gradiënt binnen percelen versterkt worden. Dit kan consequenties hebben voor de draagkracht van de bodem, met name bij de *Liedeerdgronden*, waar het kleidek een beperkte dikte heeft (40 tot 80 cm).
- Door inlaat onder vrij verval van water uit de Haarrijnse Plas kan in de gebieden met een neerslaglens de zuurbuffer in de bodem verbeterd worden. Of water uit de omgeving hier ook voor gebruikt kan worden zal van de waterkwaliteit afhangen.
- Bij alle inrichtingsmaatregelen is het belangrijk een goede oppervlakkige afwatering te garanderen, om de infiltratie van neerslagwater in de bodem te voorkomen. Hiervoor spelen de greppels een belangrijke rol omdat deze neerslagwater via het maaiveld afvoeren, waardoor het niet kan infiltreren. Door een versterking van de bolle ligging van de percelen kan dit verbeterd worden.
- Momenteel wordt het gebied beweid (zie Figuur 1). Deze vorm van beheer levert geen verschraling op, waardoor de voedselrijkdom te hoog blijft voor

Dotterbloemhooiland. Ondanks het feit dat al een aantal jaren geen bemesting meer plaats vindt, wordt de vegetatie nog steeds gedomineerd door soorten van voedselrijke grond. Om de voedselrijkdom omlaag te brengen is het noodzakelijk een hooilandbeheer in te stellen. Ook voor delen van het gebied die niet geschikt lijken voor *Dotterbloemhooiland* is dit zinvol, om de gradiënten tot uiting te laten komen.

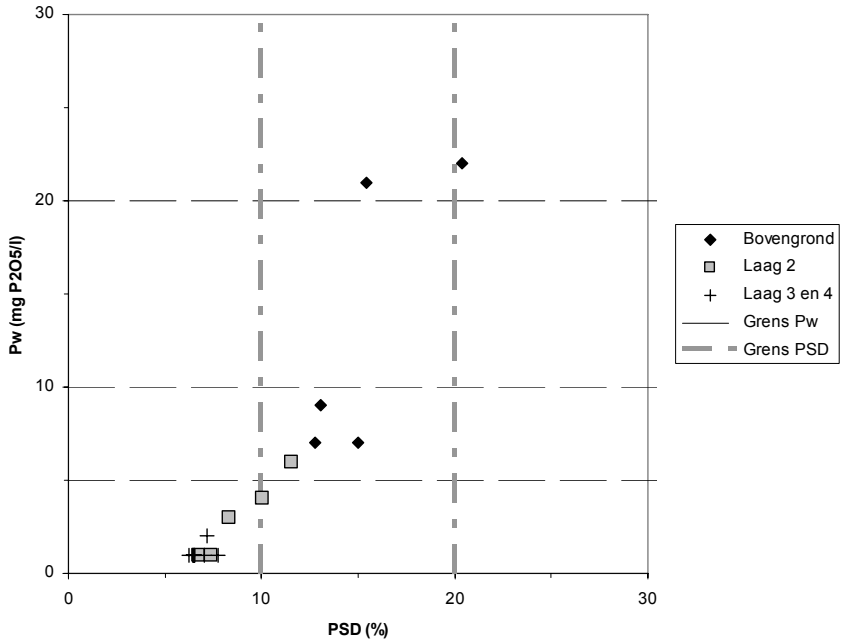
5 Beoordeling fosfaattoestand

In Bijlage 1 zijn de analyseresultaten van de bodemmonsters opgenomen. Deze zijn in Bijlage 5 beoordeeld volgens de criteria in paragraaf 2.7.2. Bij het opstellen van het advies is vervolgens beoordeeld of de natuurdoelen haalbaar lijken met de huidige eigenschappen van de bovengrond (zie 2.7.2.5). Als dat het geval is, hoeven geen aanvullende maatregelen genomen te worden en zal de gewenste fosfaattoestand reeds aanwezig zijn of met een verschralingsbeheer binnen 10 jaar gerealiseerd kunnen worden. Als de huidige bovengrond niet geschikt is dan wordt gekeken of deze door uitmijnen binnen 10 jaar is te verbeteren en naar de geschiktheid van de laag onder de bouwvoor. Als die tweede laag wél geschikt is kan afgraven van de bouwvoor overwogen worden. Indien ook deze laag niet geschikt is heeft afgraven geen zin tenzij men het afgraven tot grote diepte wil voortzetten. Hiervoor zijn ook laag 3 en 4 beoordeeld. Als diepere lagen ook niet geschikt zijn kan overwogen worden of via uitmijnen alsnog de gewenste fosfaattoestand bereikt kan worden. Wanneer dat laatste ook niet het geval is, dan zijn de perspectieven voor de ontwikkeling van het beoogde natuurdoel nihil. In dat geval kan beter de ambitie van de natuurdoelen naar beneden worden bijgesteld of een andere bestemming voor het terrein gezocht worden.

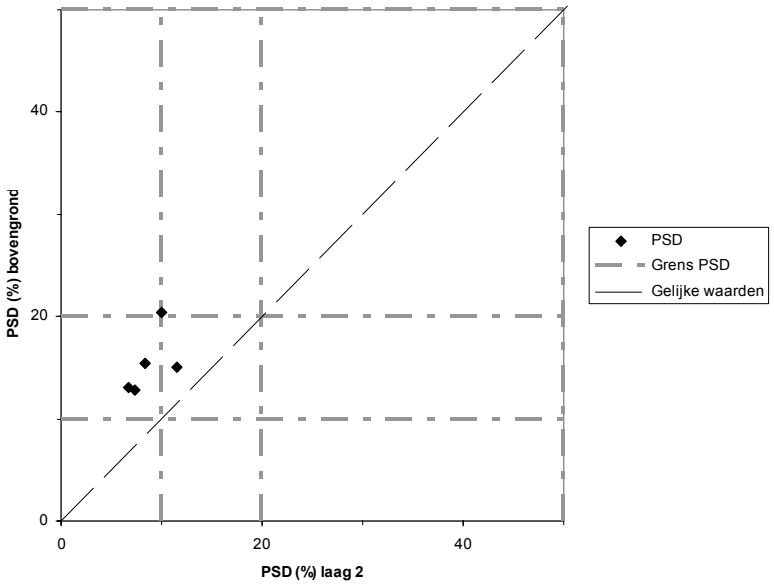
In het studiegebied zijn monsters van 5 locaties en 4 dieptes onderzocht. Dit geeft geen totaalbeeld van de fosfaattoestand in het studiegebied. Vanwege de spreiding over het gebied en de voorkomende bodemtypen geeft de bemonstering wel een goede indicatie van de fosfaattoestand in het gebied.

Overigens moet hierbij vermeld worden dat de geschiktheid voor natuurdoelen hier alleen bepaald wordt voor wat betreft de fosfaatbeschikbaarheid. Bij een relatief hoge fosfaattoestand kan het ook voorkomen dat andere nutriënten (N of K) beperkend zijn. Andere standplaatsfactoren die de geschiktheid mede bepalen, zoals vochttoestand, zuurgraad en saliniteit worden in deze analyse niet betrokken.

5.1 Algemeen



Figuur 21 Relatie tussen fosfaatverzadigingsgraad (PSD) en actuele beschikbaarheid (Pw) voor alle bodemmonsters.



Figuur 22 Vergelijking fosfaatverzadiging bovengrond en 2e laag.

In Figuur 21 zijn de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) en actuele beschikbaarheid (Pw) van fosfaat tegen elkaar uit gezet. In de bovengrond is de PSD in 4 monsters gunstig (zie Tabel 2). Bij WV06 valt de PSD (20,4 %) net in de klasse 'redelijk'. Vanwege de lage waarden voor PSD is de actuele beschikbaarheid van fosfaat (Pw) in 3 van de 5

locaties ook gunstig. Alleen bij WV06 en WV11 valt de Pw net in de klasse ongunstig.

De fosfaattoestand in de 2e laag is gunstiger dan in de bovengrond (zie ook Figuur 22). In 3 van de 5 locaties is de PSD hier zeer gunstig (< 10%), terwijl de overige 2 locaties (WV02 en WV06) net in de klasse gunstig vallen. Ook de PSD is zeer gunstig (< 5 mg/P_2O_5/l), met uitzondering van WV02 waar deze in de klasse gunstig valt.

De monsters uit laag 3 en 4 hebben overal een zeer gunstige fosfaattoestand.

Het gehalte oxalaat-extraheerbaar P komt nergens boven de voor *Dotterbloemhooiland* gestelde grens van 1000 mg/kg. Voor *Blauwgrasland* is deze grens kritischer met 200 mg/kg. Bij alle locaties wordt deze grens in de huidige situatie overschreden in de bovengrond en in laag 2.

Uit deze analyse blijkt dat de fosfaattoestand in de huidige bovengrond overal reeds geschikt is, of op korte termijn door verschraling geschikt is te maken voor *Dotterbloemhooiland*. Hiervoor hoeven dus geen aanvullende maatregelen getroffen te worden. Mocht op locaties overwogen worden om te streven naar *Blauwgrasland*, dan zal dat met de huidige bovengrond niet door middel van verschraling bereikt kunnen worden. Door middel van uitmijnen kan dit proces wel versneld worden en kan wellicht binnen ca 10 jaar in WV07, WV08 en WV11 een voldoende laag niveau bereikt worden. In dit geval zou afgraven van de bovengrond ook perspectief bieden voor *Blauwgrasland*, met uitzondering van WV02, waar dan ook laag 2 afgegraven zou moeten worden.

5.2 Conclusies t.a.v. natuurontwikkeling

In deze paragraaf worden de conclusies besproken die ten aanzien van de ontwikkeling van natuurdoelen getrokken kunnen worden uit de fosfaattoestand in de bemonsterde locaties in het studiegebied. Deze moeten als aanvullend beschouwd worden op de ecopedologische geschiktheid zoals die is besproken in hoofdstuk 4.

- De huidige fosfaattoestand in de bovengrond van het studiegebied lijkt geen beperkingen op te leveren voor de ontwikkeling van *Dotterbloemhooiland*. Voor zover de ecopedologische geschiktheid dit toe laat (zie 4.4 en kaart 5) kan dit natuurdoel overal ontwikkeld worden. Op locaties die te droog, of op termijn te zuur zijn voor *Dotterbloemhooiland* kunnen ook andere natuurdoelen ontwikkeld worden, mits de eisen aan het gehalte Pox niet te streng zijn.
- Natuurdoelen die gebonden zijn aan schrale omstandigheden zoals *Blauwgrasland* en zuurdere en drogere contactgemeenschappen kunnen alleen tot ontwikkeling komen na het afgraven van de bovengrond.
- Interne eutrofiëring treedt alleen op bij langdurig inundatie met sulfaathoudend water en aanwezigheid van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal en aan ijzer gebonden fosfaat (Delft et al., 2005). Aan de laatste twee voorwaarden wordt in het studiegebied voldaan. Vernatting van het studiegebied door het opzetten van peilen lijkt om ecohydrologische redenen niet wenselijk (zie 4.2). Om die reden is

er weinig kans op mobilisatie van fosfaat (interne eutrofiëring). Dit risico kan verder beperkt worden door bij de inlaat van water te letten op het sulfaatgehalte en langdurige inundatie te voorkomen. Verder is een goede doorstroming van de sloten van belang. Vanwege het schone, lithotrofe karakter van het water in de Haarrijnse Plas is dit goed te gebruiken voor het tegengaan van verzuring.

- Hoewel de fosfaattoestand in een beperkt aantal locaties is bepaald lijken de resultaten dermate consistent dat ze met enige terughoudendheid voor het hele studiegebied gebruikt kunnen worden. Om op specifieke locaties die nog niet bemonsterd zijn meer zekerheid te hebben kan overwogen om een extra bemonstering uit te voeren, waarbij volstaan kan worden met de eerste twee lagen.
- Hoewel de huidige fosfaattoestand over het algemeen als gunstig beschouwd kan worden, is bij de interpretatie van de gegevens wel uitgegaan van een verschralingsbeheer, waarbij minimaal jaarlijks gemaaid wordt en het maaisel wordt afgevoerd. Het huidige beweidingsbeheer zal niet leiden tot de ontwikkeling van *Dotterbloemhooiland* en vergelijkbare natuurdoelen die gebonden zijn aan een hooilandbeheer.

Literatuur

Akkerman, F., I. d. Boer et al., 2004. *Ontwerp Landinrichtingsplan Haarzuilens; Ontwerp landinrichtingsplan ex artikel 79 Landinrichtingswet voor de herinrichting Haarzuilens gelegen in de gemeenten Utrecht en Woerden*. Utrecht, Landinrichtingscommissie voor de herinrichting van Utrecht-West.

Breeuwsma, A., 1976. *pH-meting in het veld*. Wageningen, Stiboka. Interne notitie:

Brouwer, F. and C. H. M. d. Bont, 2002. *Bodemgeografisch onderzoek in het strategisch groengebied Utrecht-West*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 567

Delft, S. P. J. v., F. Brouwer et al., 2006. *Inrichtingsplan Naardermeer-Oost*. Wageningen/'s Gravenland, Alterra/Vereniging Natuurmonumenten.

Delft, S. P. J. v., F. Brouwer et al., 2007. *Natuurpotentie in vier NBL projecten in Gelderland en Overijssel; Geïntegreerd Bodemkundig en Hydrologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling*. Wageningen, Alterra. Alterra Rapport: 1434

Delft, S. P. J. v. and P. C. Jansen, 2003. *Randvoorwaarden natuurontwikkeling Onderlaatse Laak; Bodemkundige en hydrologische kansen en beperkingen voor de realisatie van natuurdoelen*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 799

Delft, S. P. J. v., R. H. Kemmers et al., 2005. *Pyrietvorming in relatie tot interne eutrofiëring en verzuring*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 1161

Dorst, M.A.M. van, 2007. *TOELICHTING OP HET PEILBESLUIT HAARZUILENS; Ontwerp (20070719)*. Houten, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.

Hoogland, T., M. J. D. Hack-ten Broeke et al., 2002. *Waternood-toepassing voor raamplangebied Utrecht-West; Combinatiemogelijkheden voor Natuur en Recreatie*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 638

IWACO, 1997. *Geohydrologische modelstudie Leidsche Rijn*. Rotterdam, IWACO Adviesbureau voor water en milieu, Vestiging West.

Jansen, P. C., R. H. Kemmers et al., 2000. *Effecten van hydrologische maatregelen tegen verzuring en vermesting op vegetatie, bodem en grondwater in Groot Zandbrink : evaluatie na negen jaar*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 016

Kemmers, R., R. de Waal et al., 2002. "Ecologische typering van bodems : Actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling." *Landschap* **19(2)**: 88-103.

Kemmers, R. H. and R. W. de Waal, 1999. *Ecologische typering van bodems : Deel 1 Raamwerk en humusvormtypologie*. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport: 667-1

Kemmers, R. H., A. T. Kuiters et al., 2005. *Haalbaarheid natuurdoelen op fosfaatverrijkte gronden: dertig jaar natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden*. Wageningen, Alterra. 1040.

Kemmers, R.H., A.T. Kuiters, P.A. Slim & J.P. Bakker, 2006. Is ontgronden noodzakelijk voor natuurherstel op voormalige landbouwgronden? De Levende Natuur 107(4):170-176.

Runhaar, H. and S. Hennekens, 2006. *'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' Versie 2.2; Gebruikershandleiding*. Wageningen, Alterra.

Sival, F. P. and W. J. Chardon, 2004. *Natuurontwikkeling op fosfaatverzadigde gronden: fosfaatonttrekking door een gewas*. Wageningen, Alterra. Alterra rapport 1090

Van Wirdum, 1991. Vegetation and Hydrology of floating rich-fens. Proefschrift, Maastricht, Datawyse.

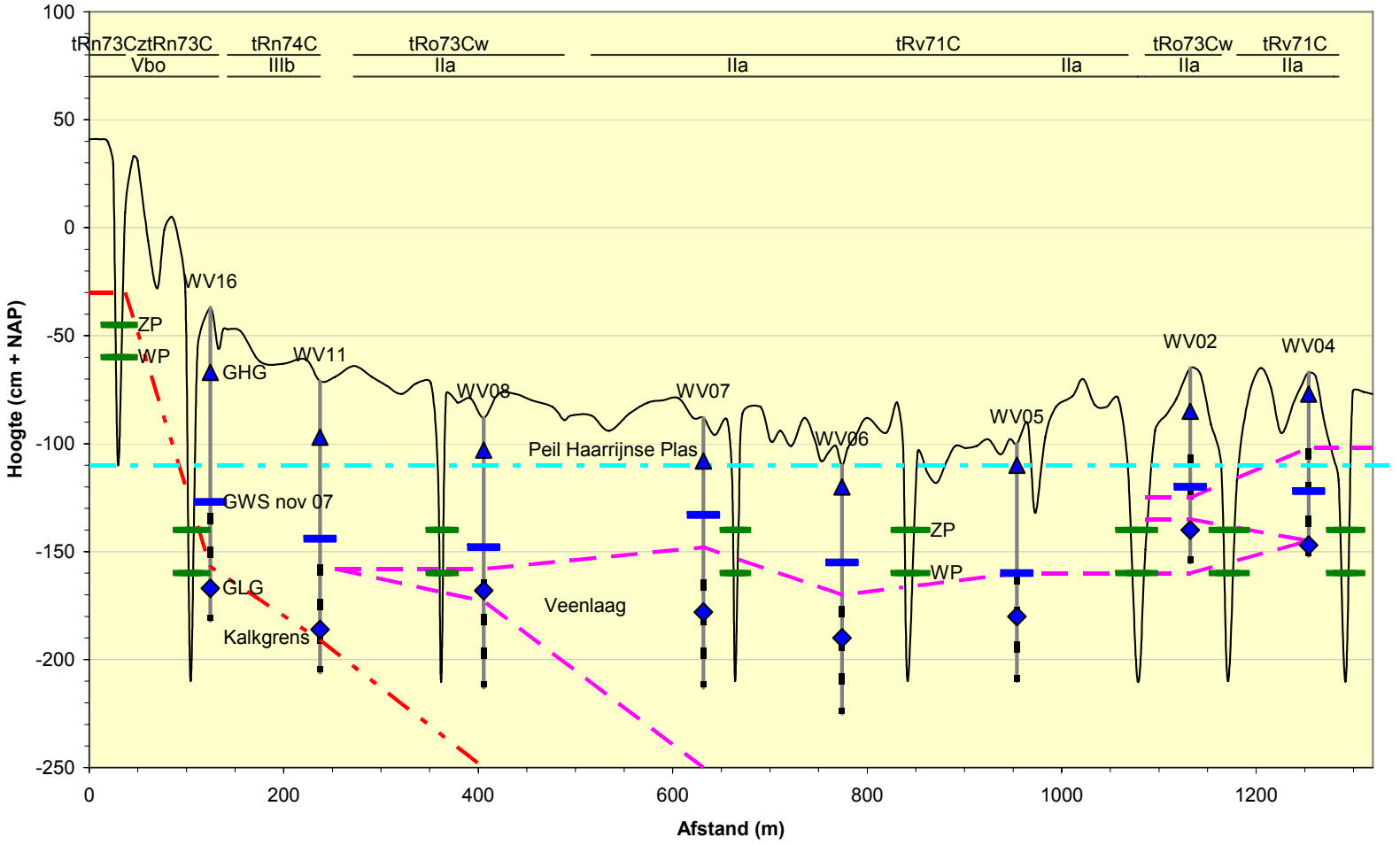
Wittekamp, A. J. (2007). *Monitoring Haarrijnse Plas; voortgangsrapportage februari 2007*, Adviesbureau De Meent.

Bijlage 1 Analyseresultaten Bodemmonsters

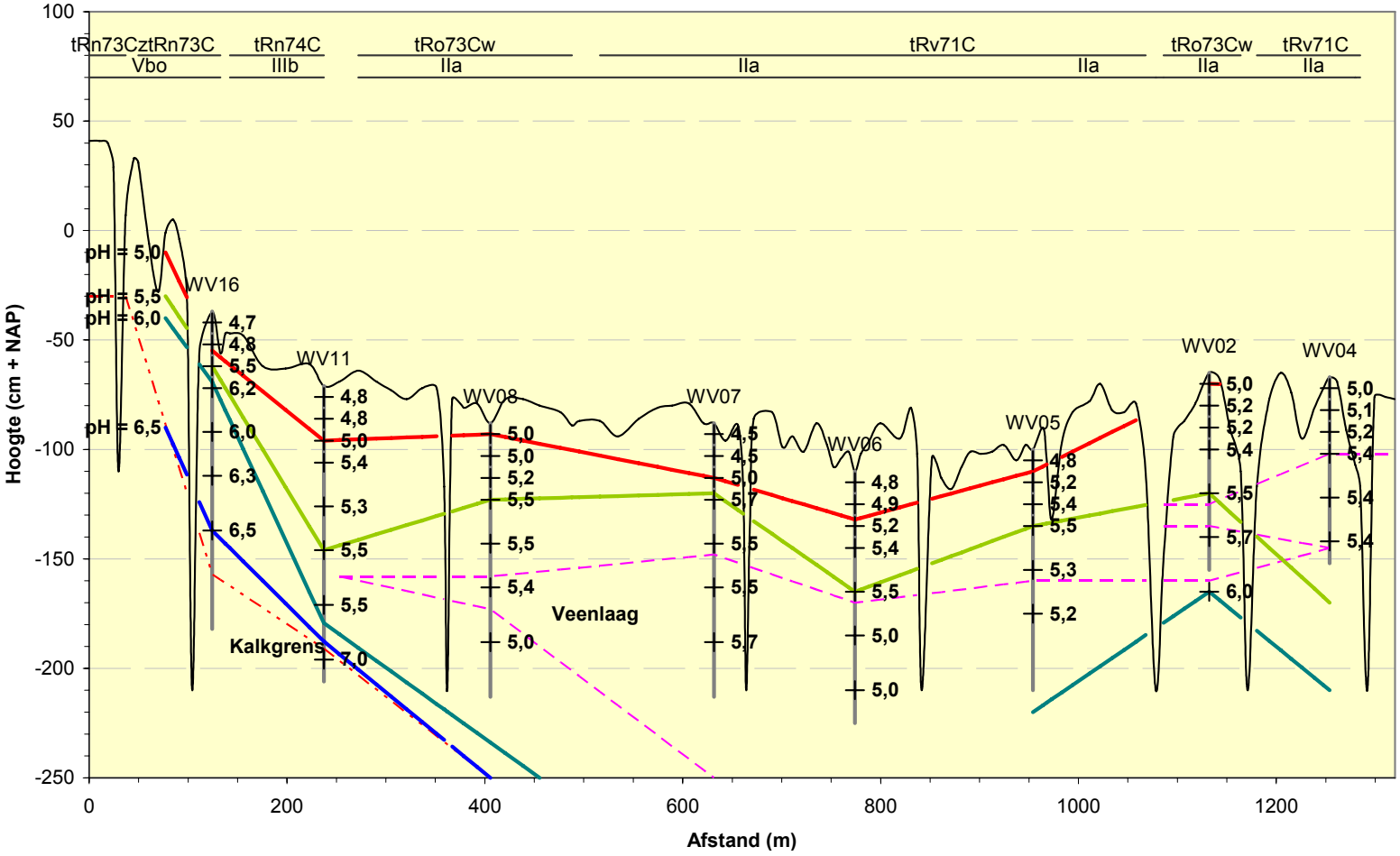
De cursief weergegeven variabelen zijn afgeleid uit andere variabelen.

Locatie	Diepte (cm) boven	onder	CEC ongebufferd (cmol(+)/kg)	*CEC gebufferd*	Ca	Mg	Mn	*Caverz* %	pH	org.stof %	Pw (mg P2O5/l)	Al-ox (mg/kg)	Fe-ox	P-ox	*PSD* %
WV02	0	25	34,5	*86,3*	28,5	6,1	0,2	*33,0*	4,2	20,5	7	2640	14979	850	*15,0*
WV02	25	40	-	*71,4*	-	-	-	-	4,6	16,3	6	2694	11493	546	*11,5*
WV02	40	55	-	*62,4*	-	-	-	-	4,9	13,8	2	2521	7344	234	*6,7*
WV02	55	70	-	*68,1*	-	-	-	-	4,9	15,4	1	2434	5864	195	*6,4*
WV06	0	20	38,9	*92,4*	33,6	7,5	0,1	*36,4*	4,6	22,2	22	2408	10891	897	*20,4*
WV06	20	35	-	*63,5*	-	-	-	-	4,7	14,1	4	2528	7953	368	*10,1*
WV06	35	50	-	*52,8*	-	-	-	-	5,2	11,1	2	2152	5433	187	*6,8*
WV06	50	65	-	*68,1*	-	-	-	-	5,3	15,4	1	2232	6125	194	*6,5*
WV07	0	20	38,9	*84,9*	32,4	6,9	0,2	*38,2*	4,5	20,1	9	2329	10797	565	*13,0*
WV07	20	35	-	*57,8*	-	-	-	-	5,0	12,5	1	2222	6874	214	*6,7*
WV07	35	50	-	*51,8*	-	-	-	-	5,3	10,8	2	2011	4358	169	*7,2*
WV07	50	65	-	*69,2*	-	-	-	-	5,2	15,7	1	2061	4538	152	*6,2*
WV08	0	25	37,4	*76,0*	30,8	7,4	0,2	*40,5*	4,5	17,6	7	2122	8949	474	*12,8*
WV08	25	40	-	*53,5*	-	-	-	-	4,8	11,3	1	2101	6019	212	*7,4*
WV08	40	55	-	*47,9*	-	-	-	-	5,0	9,7	1	1941	5190	167	*6,5*
WV08	55	70	-	*50,7*	-	-	-	-	5,1	10,5	1	1805	4849	185	*7,8*
WV11	0	25	34,9	*69,9*	28,7	7,4	0,2	*41,0*	4,8	15,9	21	1682	7924	487	*15,4*
WV11	25	40	-	*54,6*	-	-	-	-	5,0	11,6	3	1986	6211	238	*8,3*
WV11	40	55	-	*48,6*	-	-	-	-	5,2	9,9	1	1880	4326	147	*6,4*
WV11	55	70	-	*42,2*	-	-	-	-	5,3	8,1	1	1523	5636	172	*7,1*

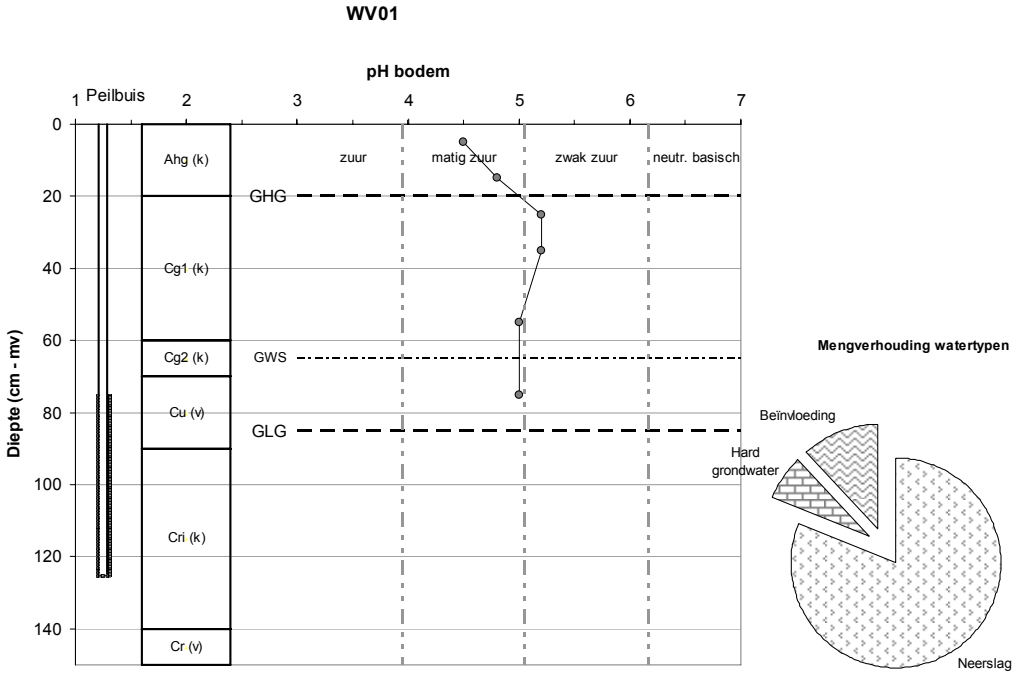
Bijlage 2 Dwarsdoorsnede bodem en hydrologie

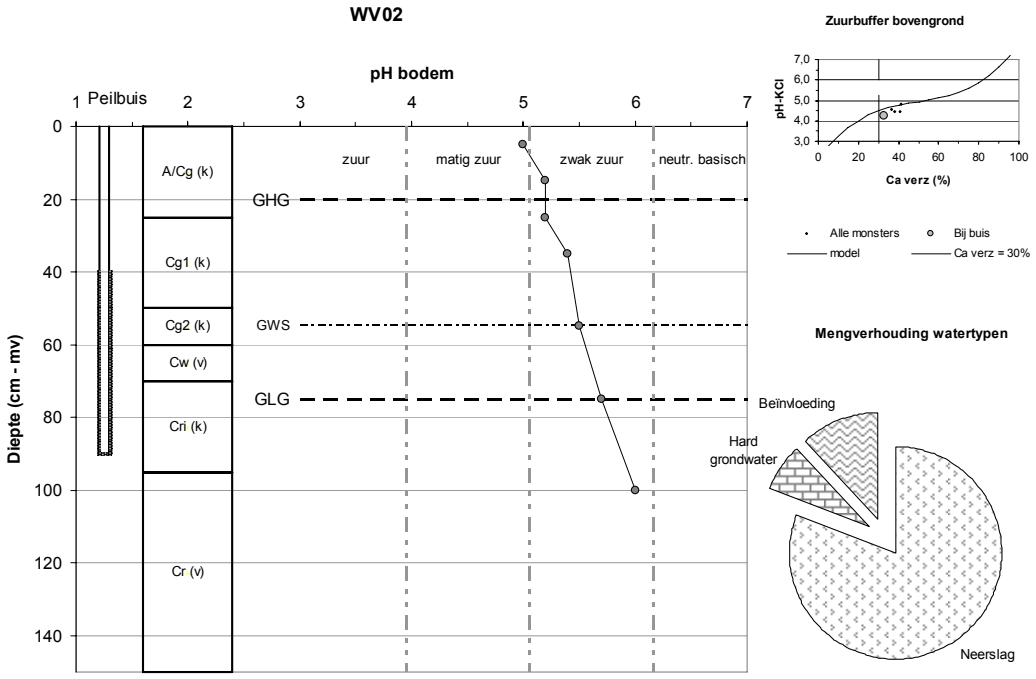


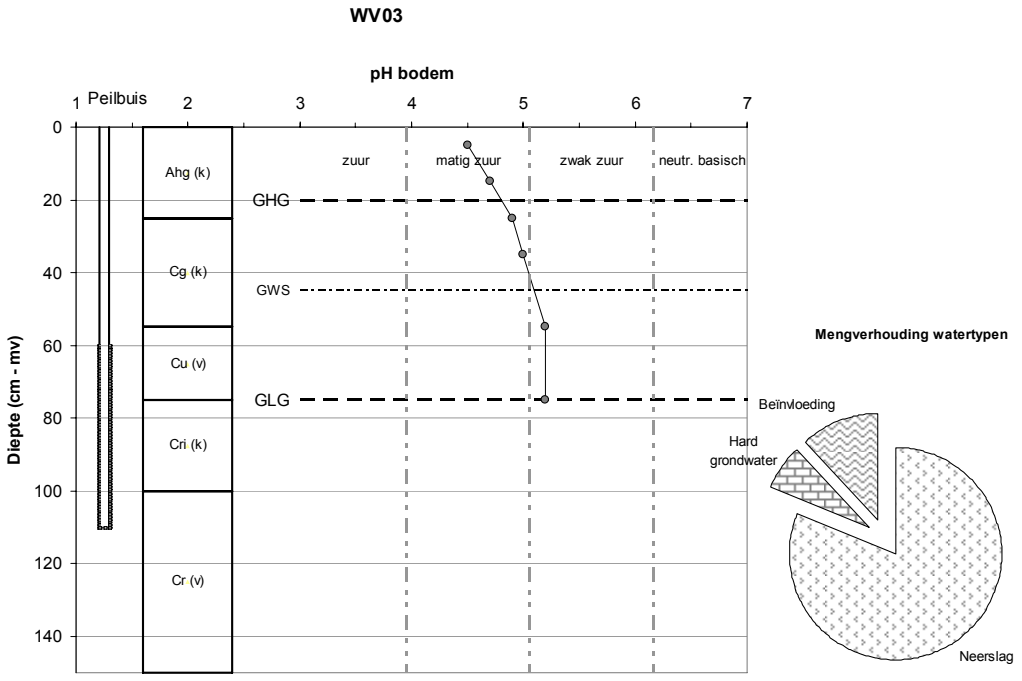
Bijlage 3 Dwarsdoorsnede pH profielen

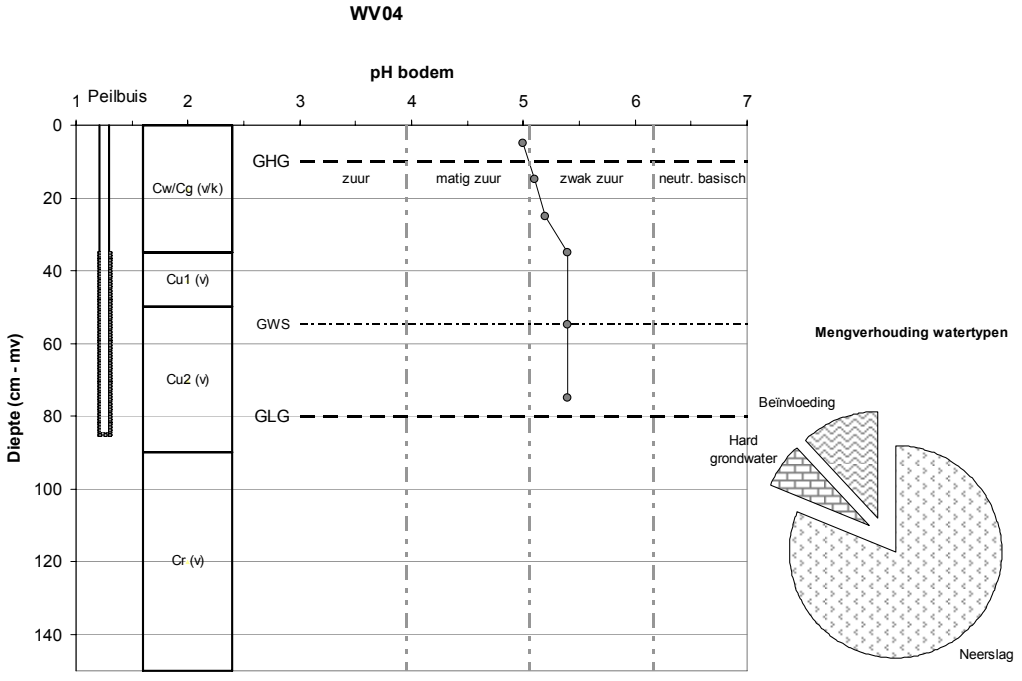


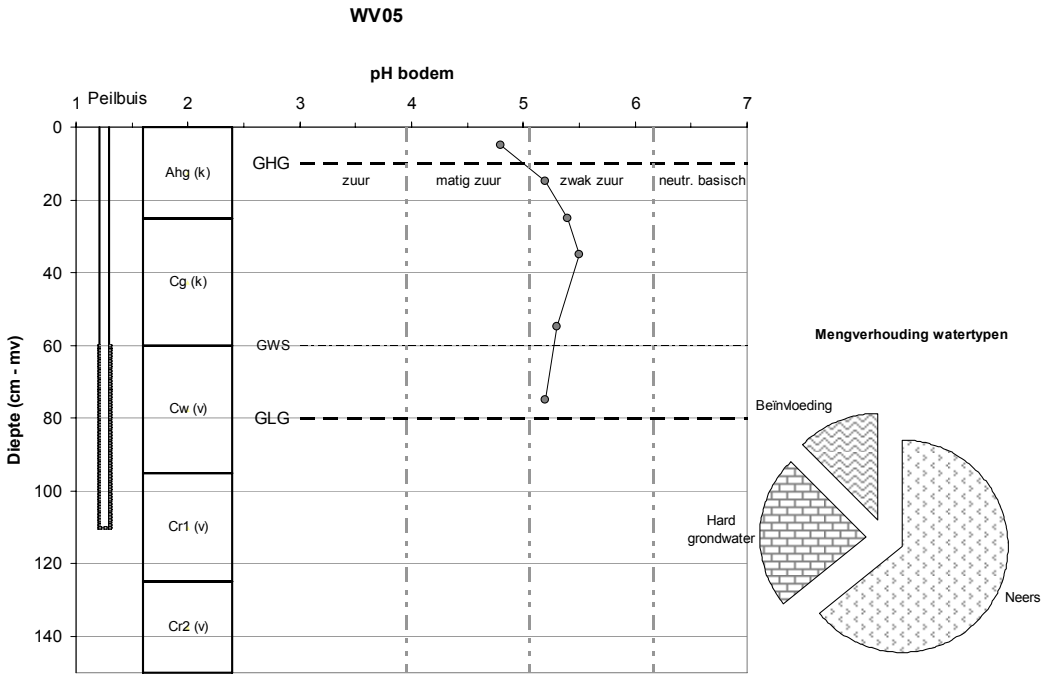
Bijlage 4 pH profielen

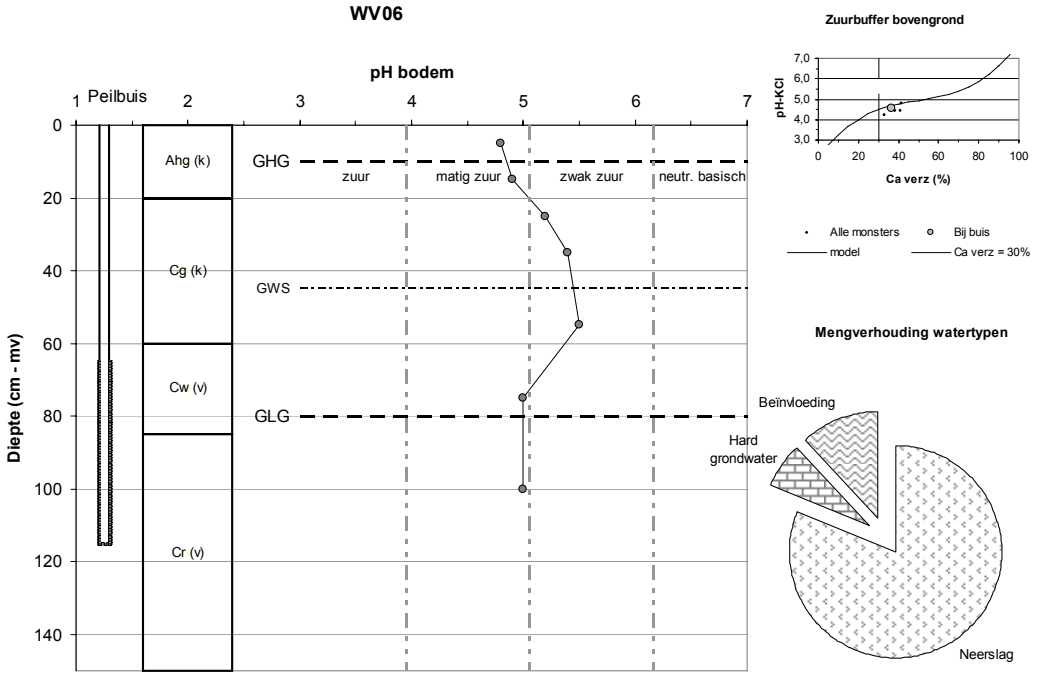


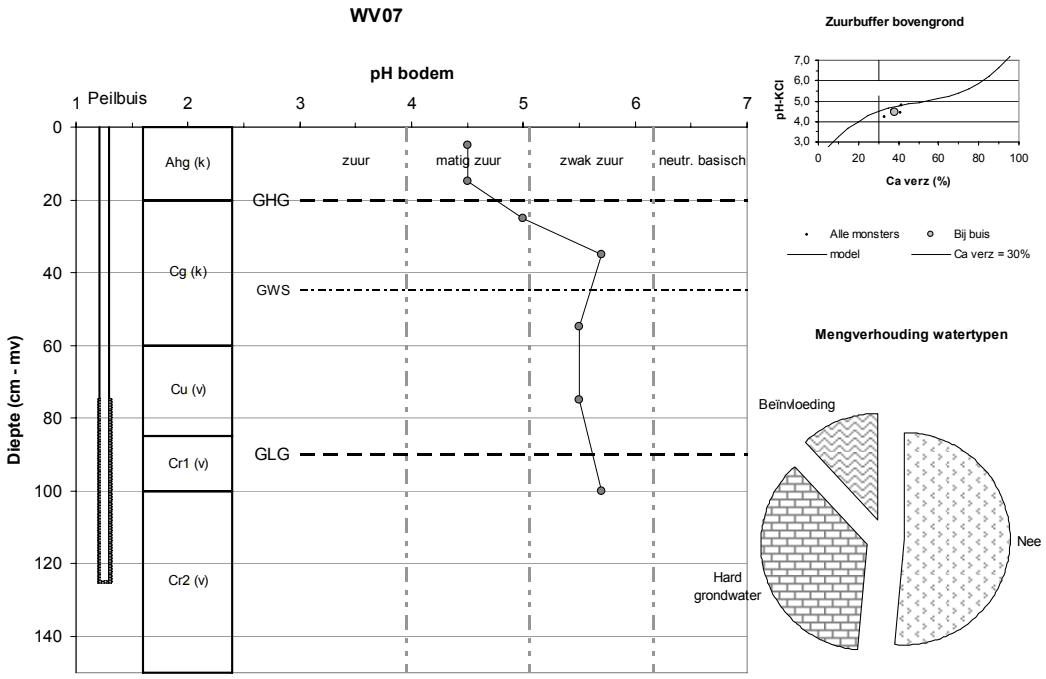


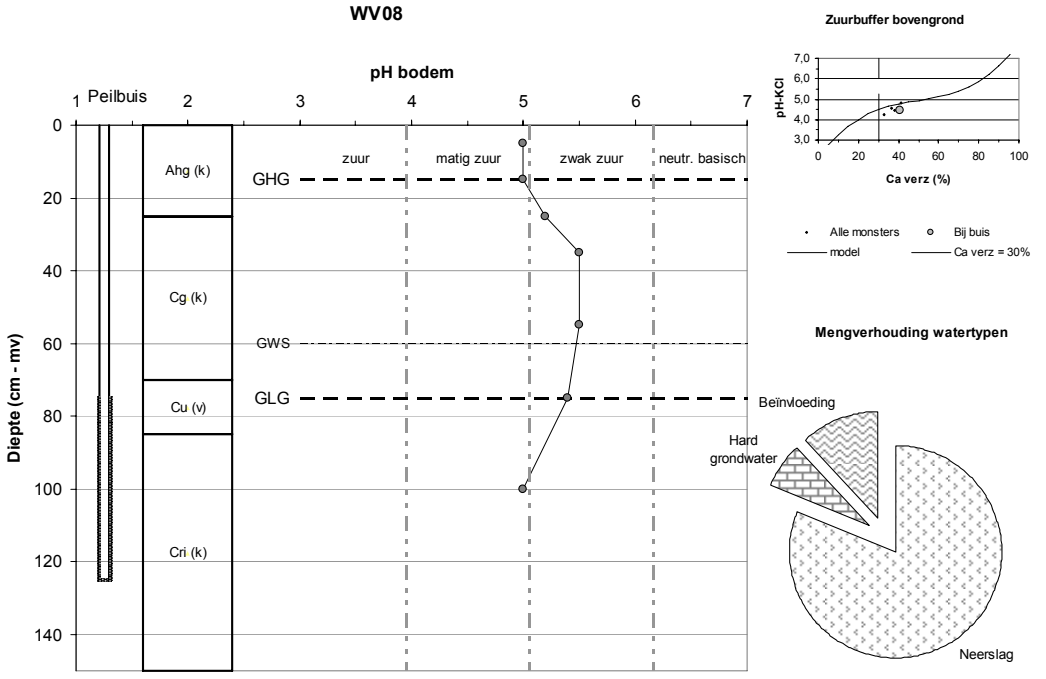

WV03
pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Ahg (k)
Cg (k)
Cu (v)
Cri (k)
Cr (v)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

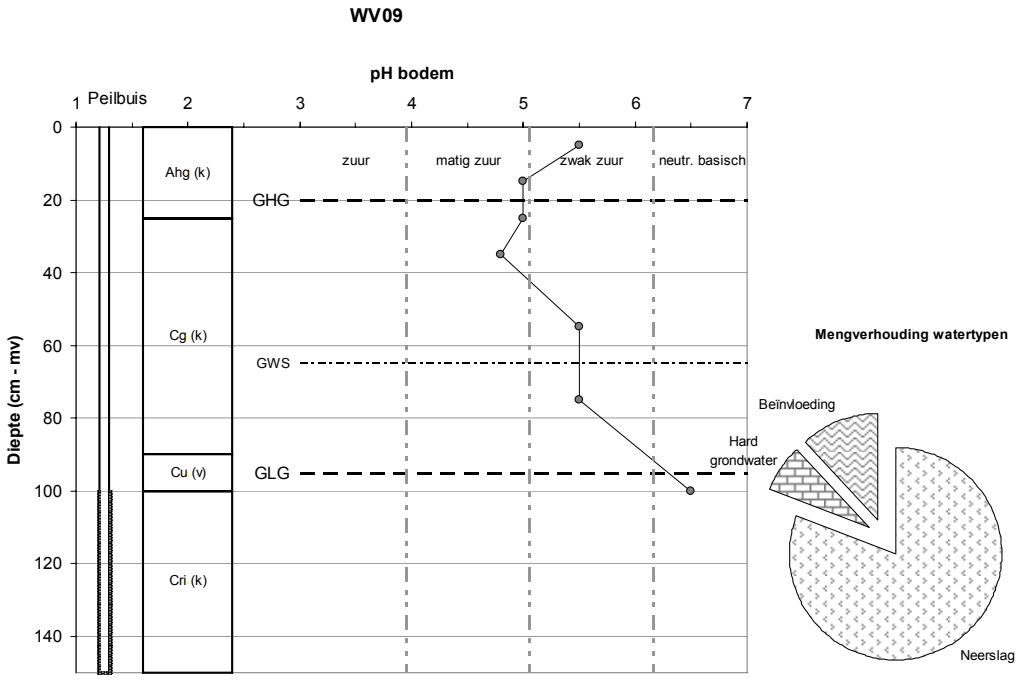

WV04
pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Cw/Cg (v/k)
Cu1 (v)
Cu2 (v)
Cr (v)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

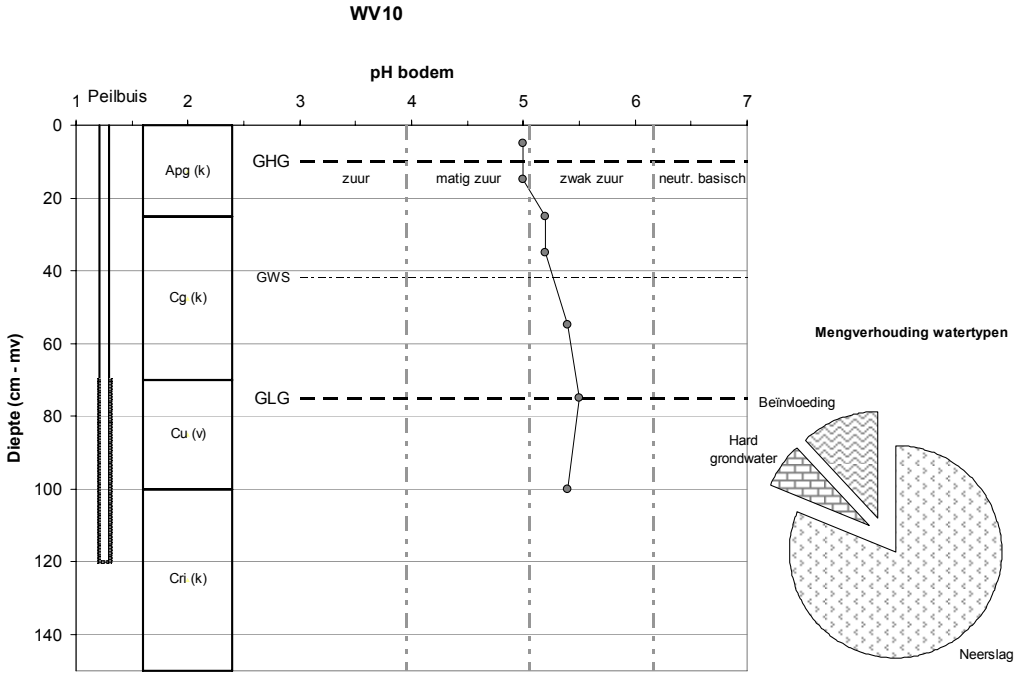

WV05
pH bodem
Peilbuis
Ahg (k)
Cg (k)
Cw (v)
Cr1 (v)
Cr2 (v)
GHG
GWS
GLG
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
Diepte (cm - mv)
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neers

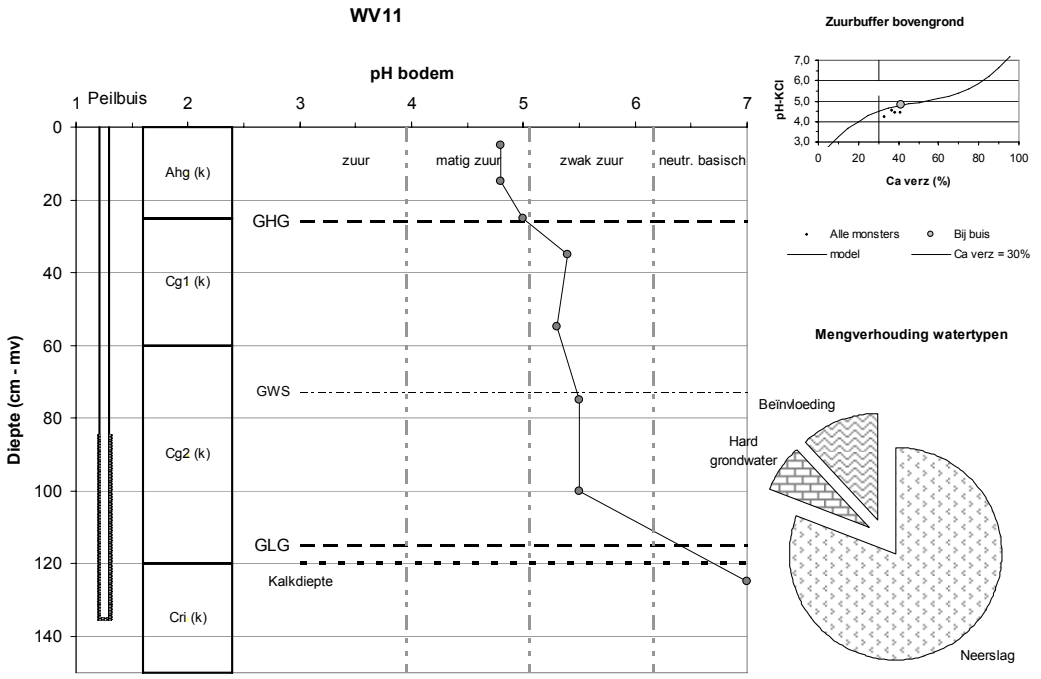

WV06
pH bodem
Peilbuis
Ahg (k)
Cg (k)
Cw (v)
Cr (v)
GHG
GWS
GLG
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
Diepte (cm - mv)
Zuurbuffer bovengrond
pH-KCl
Ca verz (%)
Alle monsters
Bij buis
model
Ca verz = 30%
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

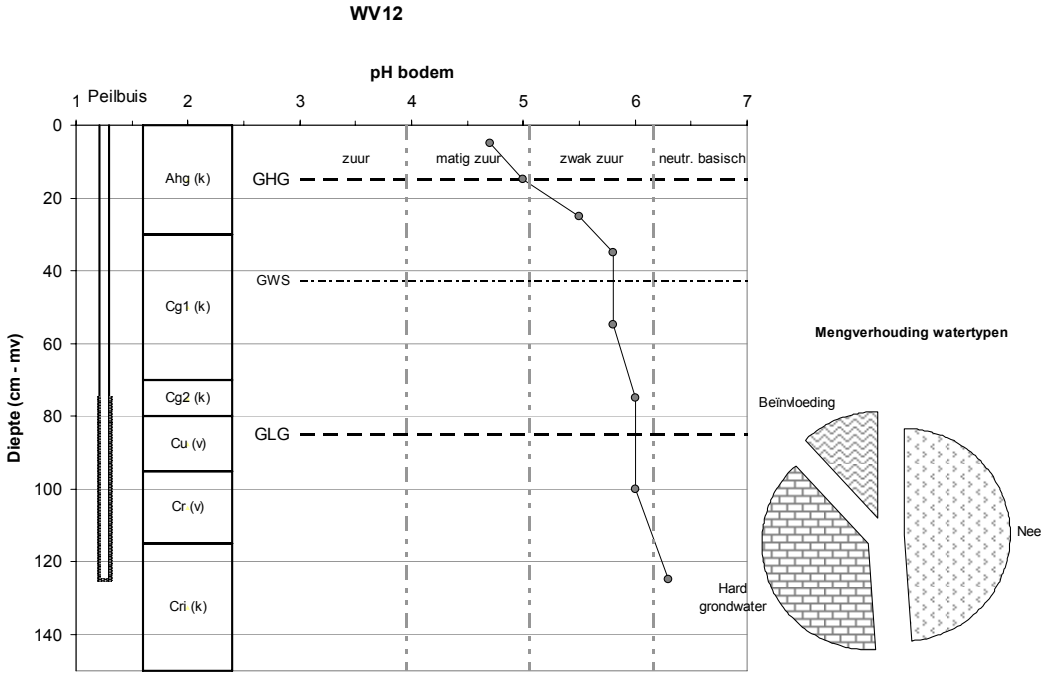

WV07
pH bodem
Peilbuis
Ahg (k)
Cg (k)
Cu (v)
Cr1 (v)
Cr2 (v)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Diepte (cm - mv)
Zuurbuffer bovengrond
pH-KCl
Ca verz (%)
Alle monsters
Bij buis
model
Ca verz = 30%
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Nee


WV08
pH bodem
Peilbuis
Ahg (k)
Cg (k)
Cu (v)
Cri (k)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Diepte (cm - mv)
Zuurbuffer bovengrond
pH-KCl
Ca verz (%)
Alle monsters
Bij buis
model
Ca verz = 30%
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

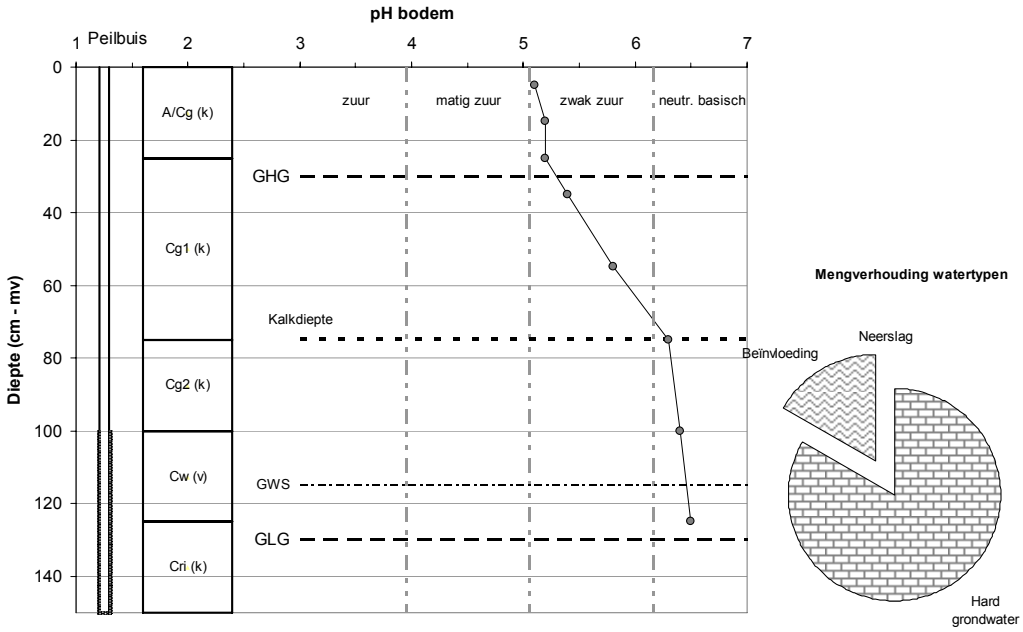

WV09
pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Ahg (k)
Cg (k)
Cu (v)
Cri (k)
GHG
GWS
GLG
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag


WV10
pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Apg (k)
Cg (k)
Cu (v)
Cri (k)
GHG
GWS
GLG
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

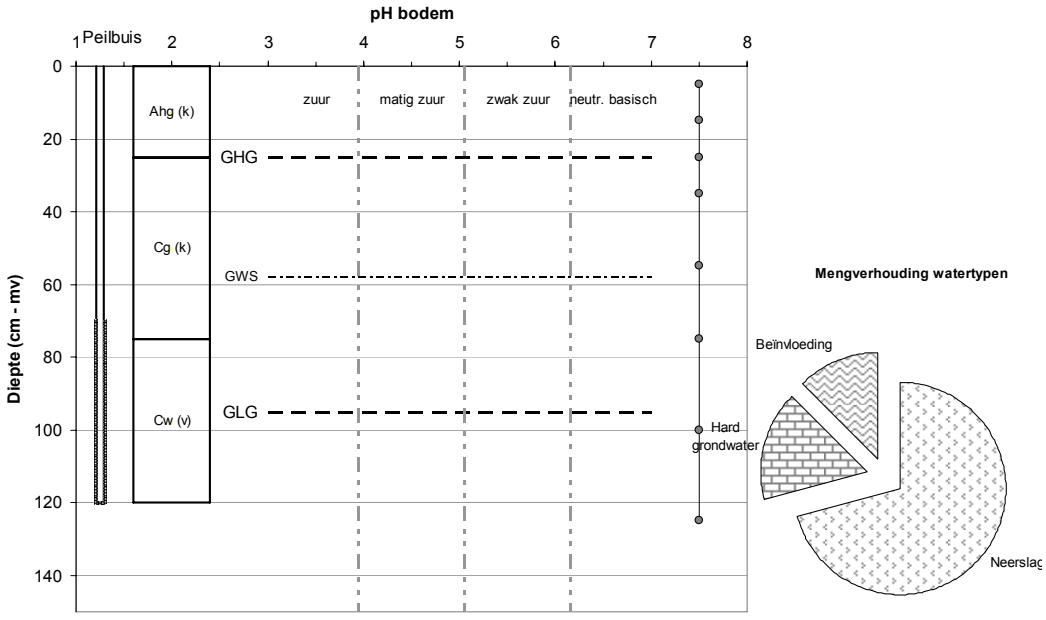

WV11
pH bodem
Peilbuis
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
Ahg (k)
Cg1 (k)
Cg2 (k)
Cri (k)
GHG
GWS
GLG
Kalkdiepte
Diepte (cm - mv)
Zuurbuffer bovengrond
pH-KCl
Ca verz (%)
Alle monsters
Bij buis
model
Ca verz = 30%
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag


WV12
pH bodem
Peilbuis
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
Ahg (k)
Cg1 (k)
Cg2 (k)
Cu (v)
Cr (v)
Cri (k)
GHG
GWS
GLG
Diepte (cm - mv)
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Nee

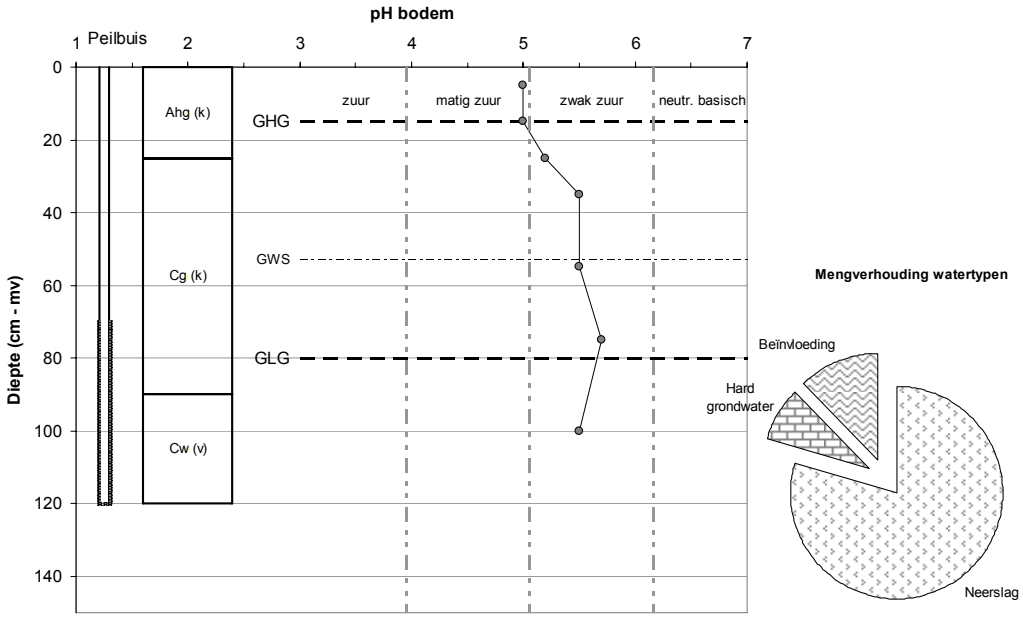
WV13


pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
A/Cg (k)
Cg1 (k)
Cg2 (k)
Cw (v)
Cri (k)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
Kalkdiepte
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Neerslag
Beïnvloeding
Hard grondwater

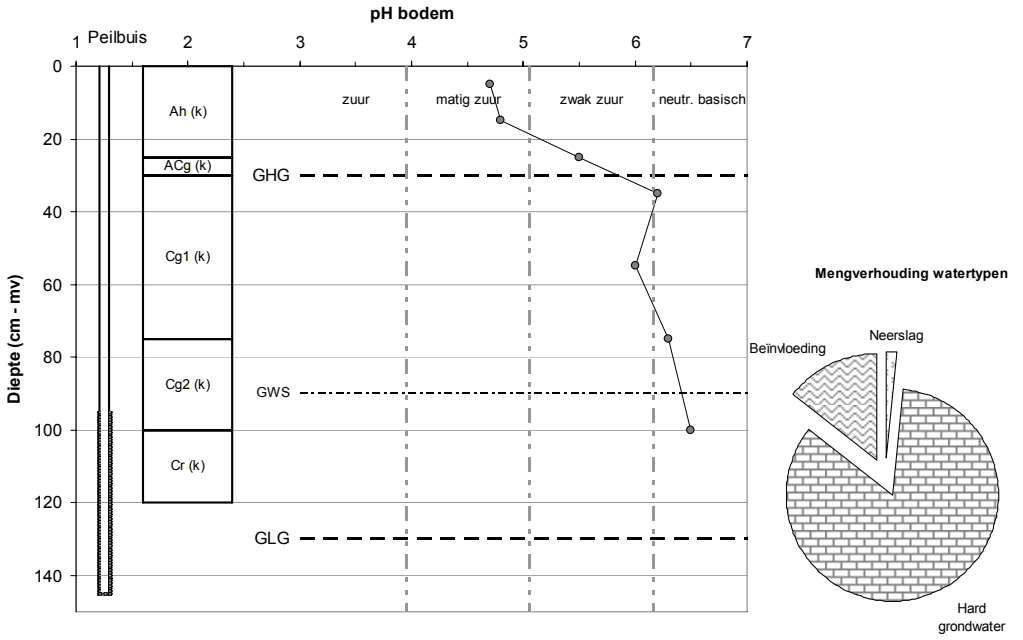
WV14


pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
8
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Ahg (k)
Cg (k)
Cw (v)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

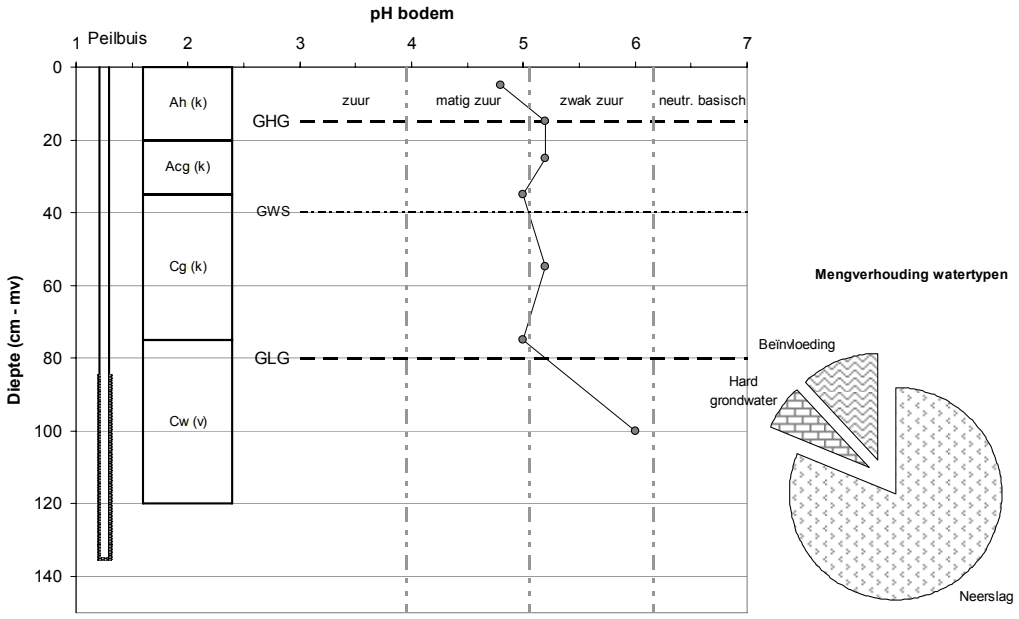
WV15


pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
Ahg (k)
Cg (k)
Cw (v)
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

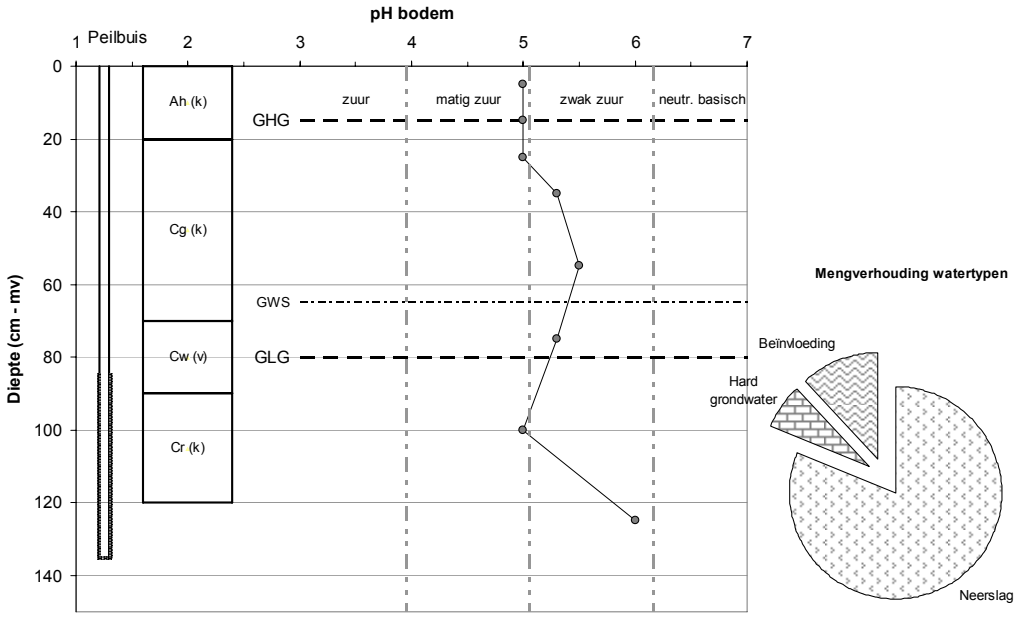
WV16

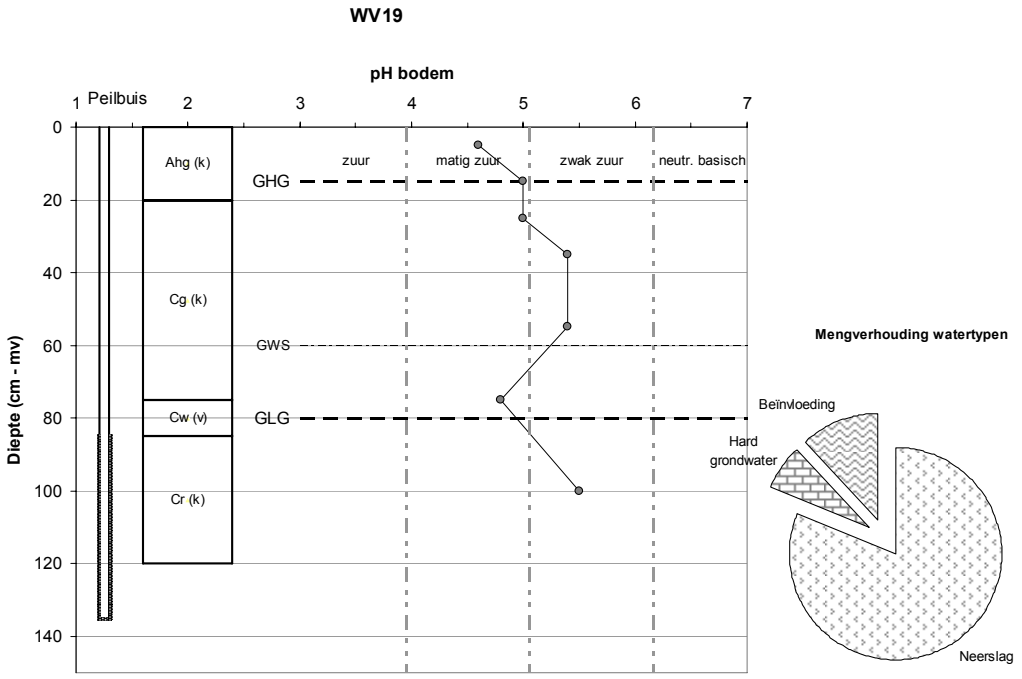

pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
Ah (k)
ACg (k)
Cg1 (k)
Cg2 (k)
Cr (k)
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Neerslag
Hard grondwater

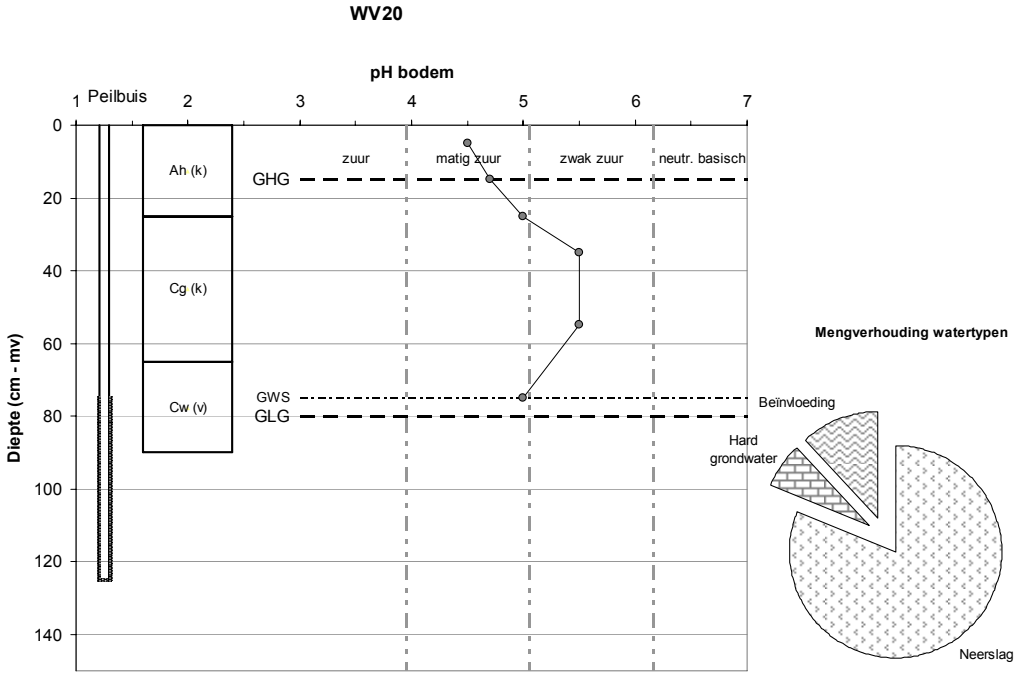
WV17


pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Ah (k)
Acg (k)
Cg (k)
Cw (v)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

WV18


pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Ah (k)
Cg (k)
Cw (v)
Cr (k)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag


WV19
pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Ahg (k)
Cg (k)
Cw (v)
Cr (k)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

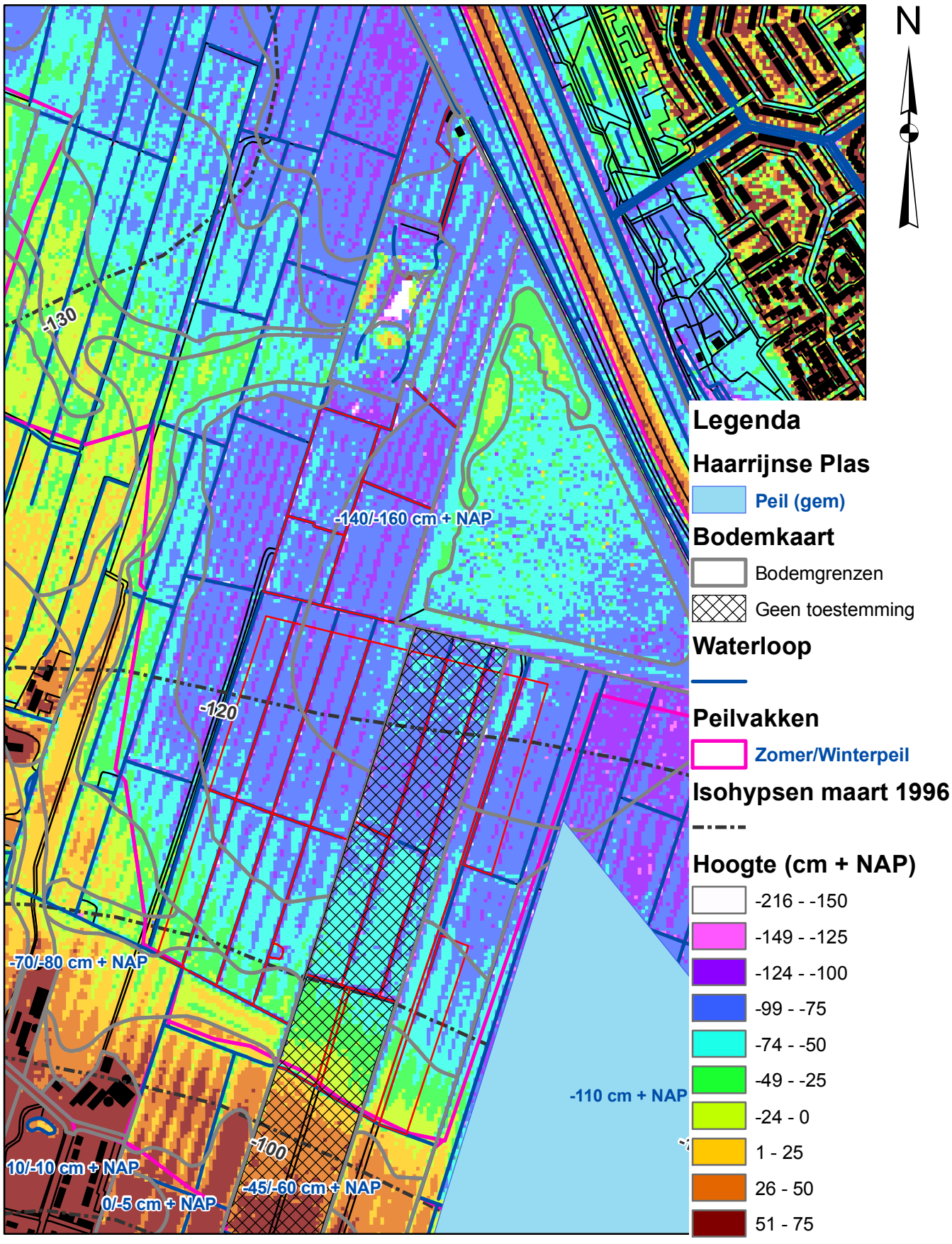

WV20
pH bodem
Peilbuis
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
Diepte (cm - mv)
Ah (k)
Cg (k)
Cw (v)
zuur
matig zuur
zwak zuur
neutr. basisch
GHG
GWS
GLG
Mengverhouding watertypen
Beïnvloeding
Hard grondwater
Neerslag

Bijlage 5 Beoordeling fosfaattoestand

							Ontwikkelingsduur						Beoordeling									Kansrijkdom			
							Verschralen			Uitmijnen			Huidig			Verschralen			Uitmijnen			Dotterbloem		Blauwgrasland	
Monster	diepte	bouwv.	Pw	PSD	Pox	Fe-ox	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	Pw	PSD	Pox	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	PSD 20%	Pox 1000	Pox 200	Kansrijk	Maatregel	Kansrijk	Maatregel
WV02	0-25	o	7	15	850	14979	0	0	100	0	0	20	2	2	4	1	1	3	1	1	2	1	N	3	A of X
WV02	25-40	o	6	11,5	546	11493	0	0	60	0	0	12	2	2	3	1	1	3	1	1	2	1	N	3	A of X
WV02	40-55	o	2	6,72	234	7344	0	0	6	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV02	55-70	o	1	6,45	195	5864	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV06	0-20	o	22	20,4	897	10891	2	0	103	0	0	21	4	3	4	1	1	3	1	1	2	1	N	3	A of X
WV06	20-35	o	4	10,1	368	7953	0	0	31	0	0	6	1	2	2	1	1	3	1	1	1	1	N	1	N
WV06	35-50	o	2	6,82	187	5433	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV06	50-65	o	1	6,51	194	6125	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV07	0-20	o	9	13	565	10797	0	0	57	0	0	11	2	2	3	1	1	3	1	1	2	1	N	3	A of X
WV07	20-35	o	1	6,72	214	6874	0	0	3	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV07	35-50	o	2	7,15	169	4358	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV07	50-65	o	1	6,22	152	4538	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV08	0-25	o	7	12,8	474	8949	0	0	46	0	0	9	2	2	3	1	1	3	1	1	1	1	N	2	U of A
WV08	25-40	o	1	7,37	212	6019	0	0	2	0	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV08	40-55	o	1	6,54	167	5190	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV08	55-70	o	1	7,77	185	4849	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV11	0-25	o	21	15,4	487	7924	0	0	50	0	0	10	4	2	3	1	1	3	1	1	2	1	N	3	A of X
WV11	25-40	o	3	8,31	238	6211	0	0	8	0	0	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV11	40-55	o	1	6,45	147	4326	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WV11	55-70	o	1	7,06	172	5636	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N

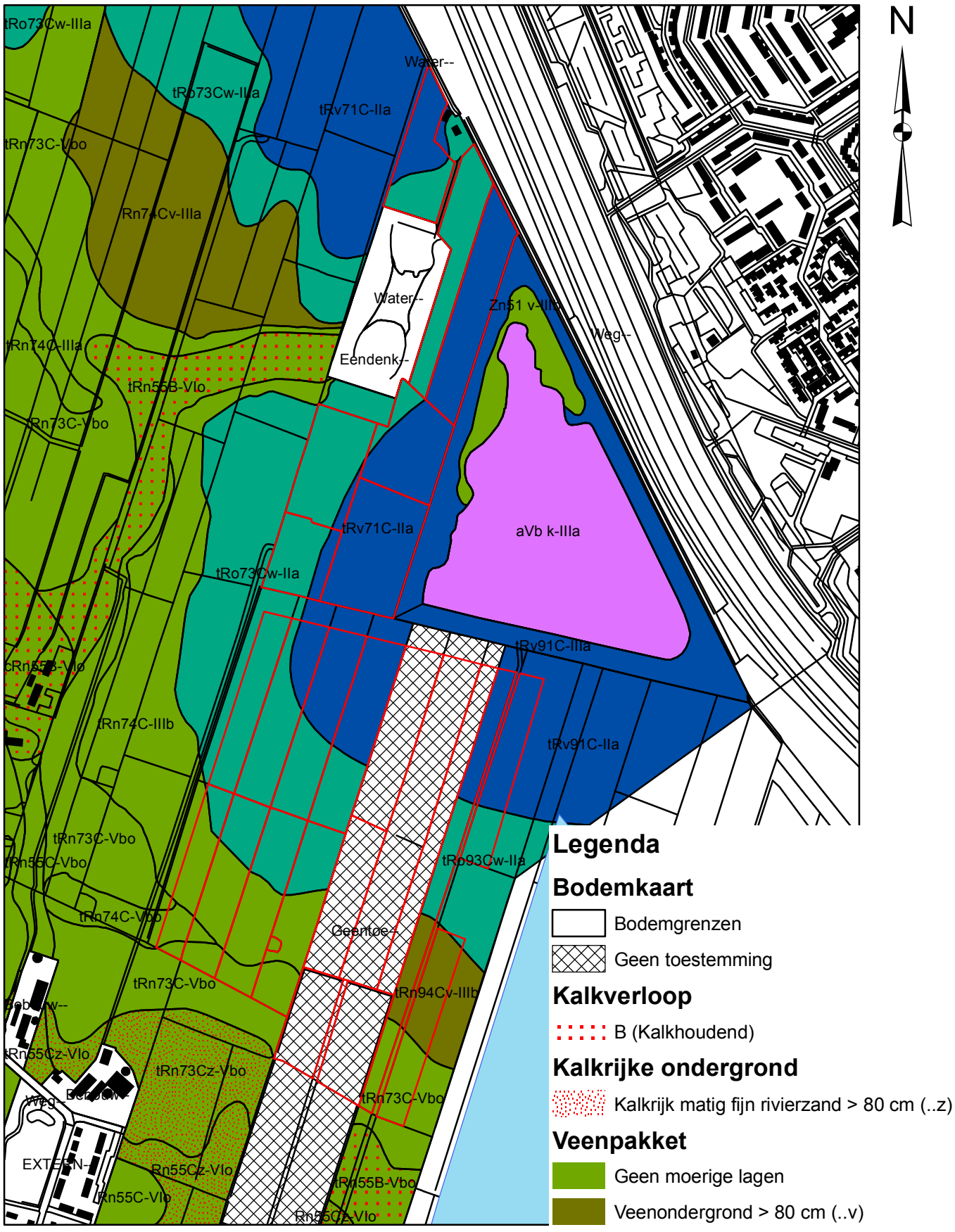
Bijlage 6 Kaarten

Schraallanden Wielrevelt
Kaart 1 Maaiveldhoogte en peilvakken
Schaal 1 : 7.500



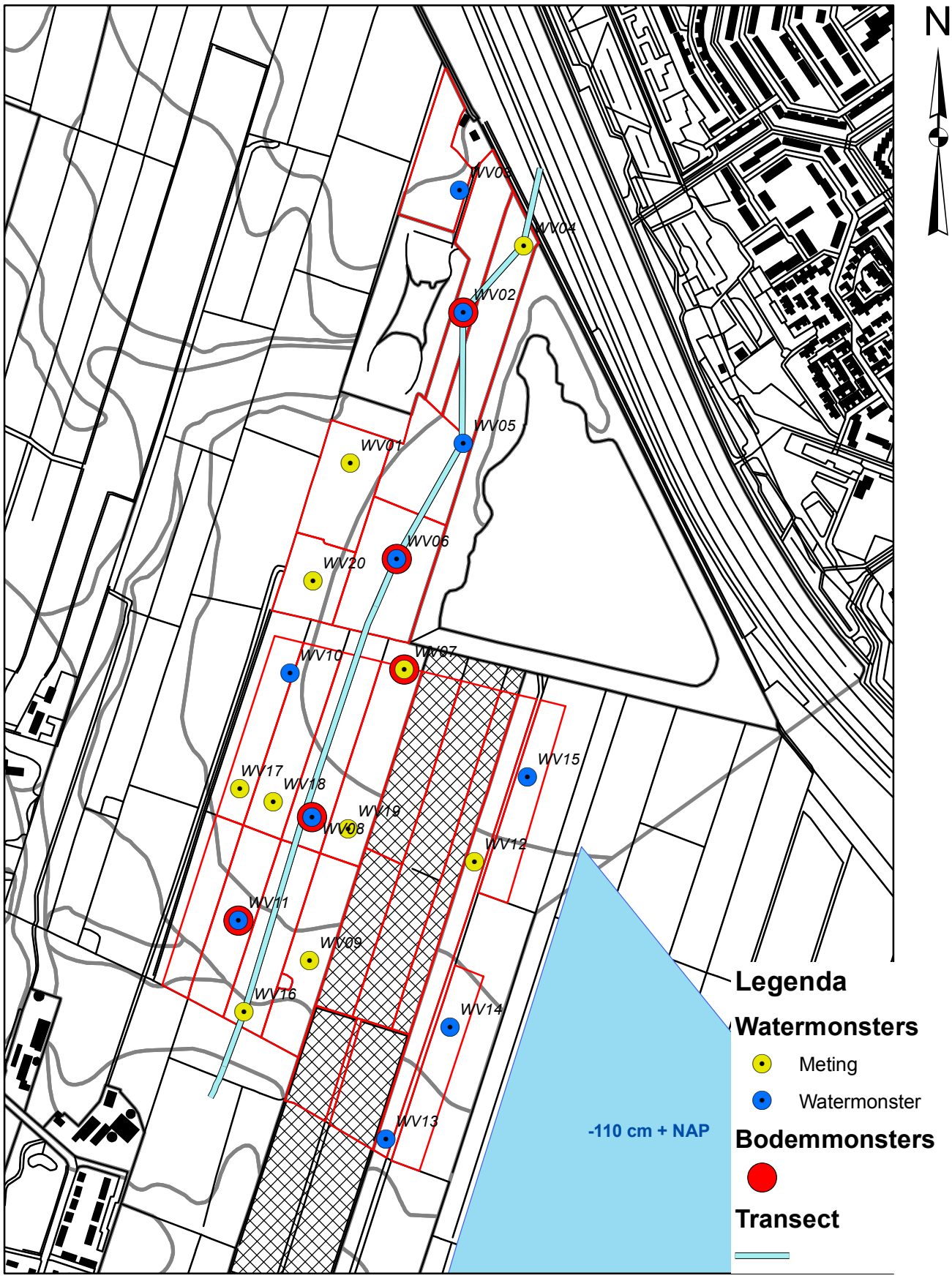
ALTERRA

Schraallanden Wielrevelt
Kaart 2 Bodemkaart
Schaal 1 : 7.500



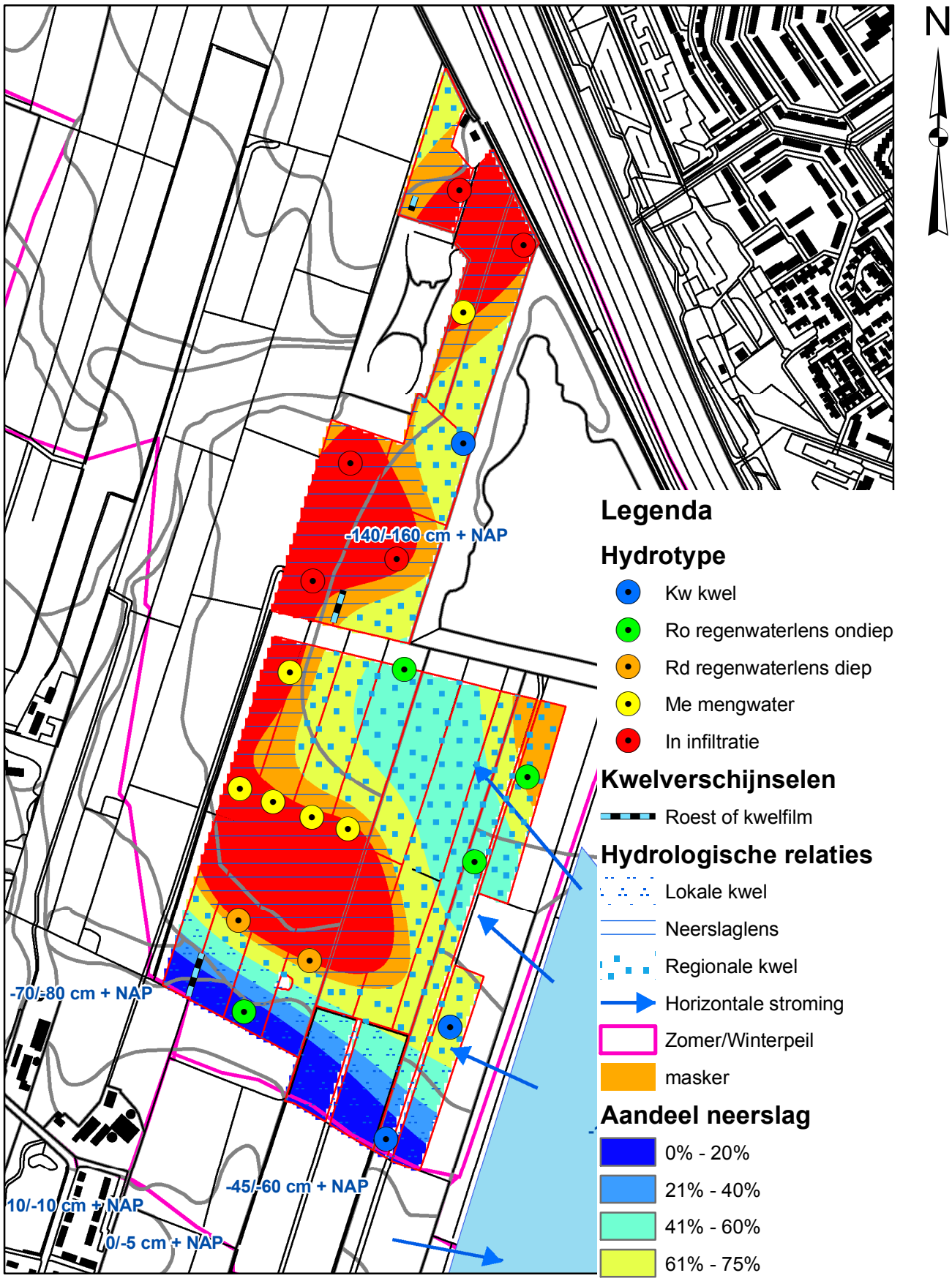
ALTERRA

Schraallanden Wielrevelt
Kaart 3 Meetpunten en transect
Schaal 1 : 7.500



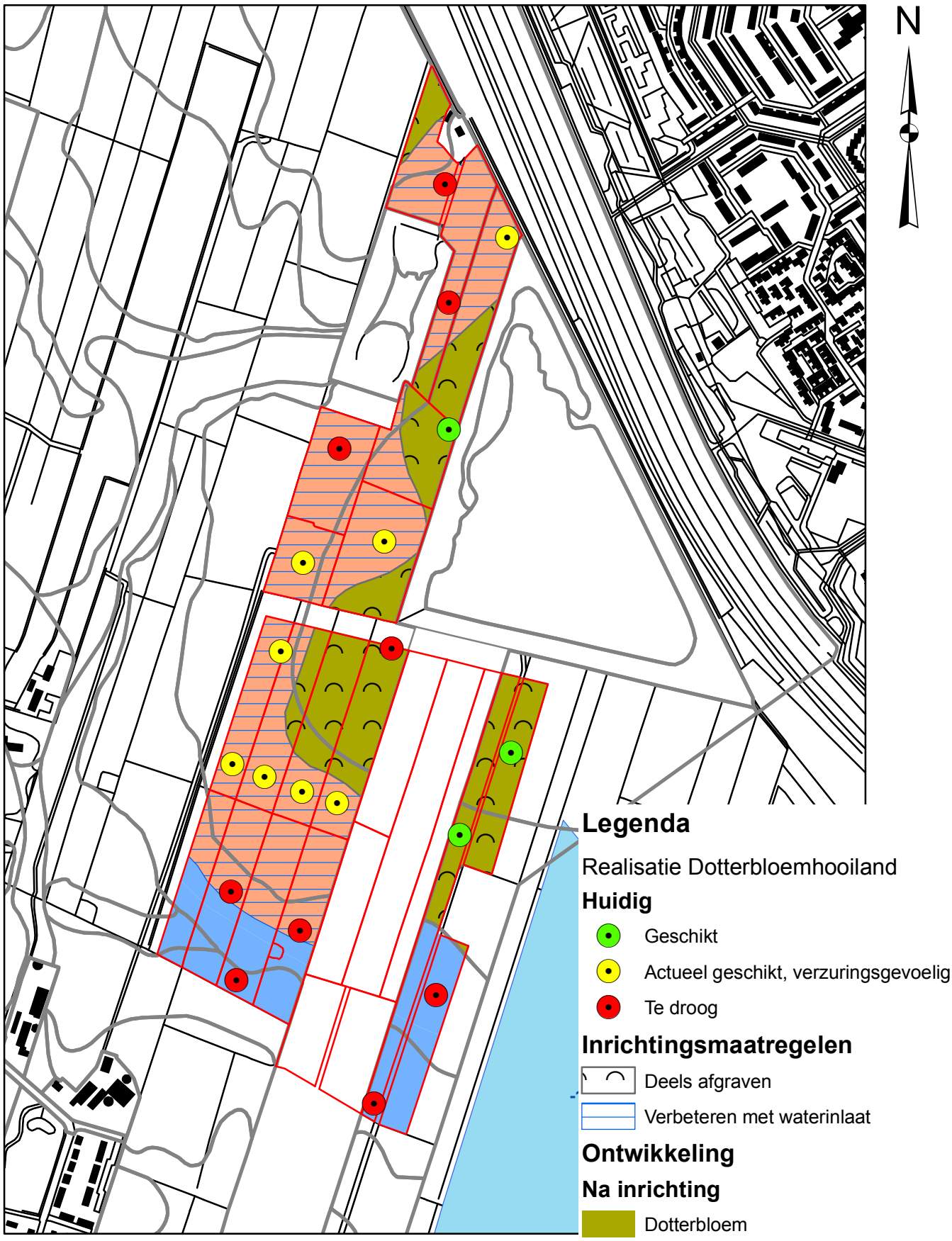
ALTERRA

Schraallanden Wielrevelt
Kaart 4 Waterkwaliteit en hydrologische relaties
Schaal 1 : 7.500



ALTERRA

Schraallanden Wielrevelt
Kaart 5 Realisatiekansen voor Dotterbloemhooiland en inrichtingsmaatregelen
Schaal 1 : 7.500



ALTERRA