



Unie van **Bosgroepen**



RESEARCH CENTRE

BIOGEOCHEMICAL WATER-MANAGEMENT & APPLIED RESEARCH ON ECOSYSTEMS

# Natuurontwikkeling op Landgoed Hemelzicht



Foto: Ariët Kieskamp

## Conceptrapportage

Oprachtgever: Dhr. B. Dura • Projectnummer: PR-15.118 • Auteurs:  
Mark van Mullekom, Fons Smolders (Onderzoekcentrum B-WARE)  
Harm Smeenge en Ariët Kieskamp (Unie van Bosgroepen)  
Rapportnummer: 2016.09 • Datum: 14.04.2016



*Titel rapport:*  
*Kansen voor natuurontwikkeling in Landgoed Hemelzicht*

*Auteurs:*  
*Mark van Mullekom, Fons Smolders, Harm Smeenge & Ariët Kieskamp*

*Opdrachtgever:*  
*Dhr. B. Dura*

*Rapportnummer: 2016.09*

**Contactgegevens:**

Onderzoekcentrum B-WARE BV  
Radboud Universiteit Nijmegen  
Mercator III, Toernooiveld 1  
6525 ED Nijmegen

*Contactpersonen:*

Onderzoekcentrum B-WARE  
Mark van Mullekom  
Tel: 024-3652815  
m.vanmullekom@b-ware.eu  
www.b-ware.eu

Coöperatie Unie van Bosgroepen u.a.  
Harm Smeenge  
Tel: 0318-672628  
h.smeenge@bosgroepen.nl  
www.bosgroepen.nl

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2016.

# Inhoudsopgave

<b>1. Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1. Aanleiding	9
1.2. Vraagstellingen	9
<b>2. Werkzaamheden</b>	<b>11</b>
Stap 1: Verkenning bestaande gegevens	11
Stap 2: Veldonderzoek	11
Stap 3: Bodem- en hydrochemisch onderzoek	12
Stap 4: Formuleren van natuurdoeltypen en maatregelen	13
<b>3. Gebiedskenmerken</b>	<b>15</b>
3.1. Landschappelijke context en historisch gebruik	15
3.2. Bodem	17
3.3. Waterstanden en waterkwaliteit	21
3.4. Bodemchemie	22
3.5. Huidige natuurwaarden	23
<b>4. Natuurpotenties</b>	<b>25</b>
<b>5. Inrichting</b>	<b>27</b>
5.1. Maatregelen	27
5.2. Vervolgbeheer	31
<b>6. Literatuur</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage 1. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 2. Methode bodemanalyses</b>	<b>39</b>
<b>Bijlage 3. Boorprofielen</b>	<b>41</b>
<b>Bijlage 4. Grondwaterkwaliteit</b>	<b>49</b>
<b>Bijlage 5. Geologie van het gebied</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage 6. Bodemkwaliteit</b>	<b>53</b>
<b>Bijlage 7. Maatregel per locatie</b>	<b>57</b>



# Samenvatting

## *Aanleiding*

Het plangebied in aanstaand landgoed Hemelzicht, bestaat uit een aantal landbouwpercelen en ligt ten oosten van Lettele. Het vormt de schakel tussen het bosgebied 't Hemeltje (ten zuiden) en landgoed 't Oostermaet (ten westen). Het doel van het project was inzicht geven in de kansen voor de ontwikkeling van waardevolle natuurtypen en omschrijven welke maatregelen daarvoor nodig zijn.

## *Gebiedsschets*

In het gebied wisselen natte slenken en drogere ruggen elkaar af. De bodem van de slenken (beekeerdgrond/gooreerdgrond) is onder invloed van grondwater gevormd en zijn van oudsher de plekken waar zich vroeger vochtige heiden en natte schraallanden ontwikkelden. De ruggen, die droger zijn, bestaan uit veldpodzolbodems en die herbergden droge heiden. Door verstoringen van de bodem (bemesting, vergravingen) en de vele ontwateringen (zowel in het gebied als daarbuiten) zijn deze natuurtypen verdwenen op Wilde gagel na, een plantensoort die laat zien dat er nog steeds wat invloed van grondwater is.

## *Inrichtingsmaatregelen*

In het verleden zijn de twee hoofdslenken plaatselijk opgevuld met grond. Daarnaast zijn veel sloten gegraven om het gebied droog genoeg te maken voor landbouwkundig gebruik. Door de bemesting die daarmee samengaat, is de bovenste laag van het gebied te voedselrijk voor ontwikkeling van schrale natuur. Om waardevolle natuurtypen te kunnen ontwikkelen, is zowel herstel van de waterhuishouding als van de voedselarme omstandigheden nodig. Dit houdt in:

- Rabattenbossen omvormen die nu het gebied waar de slenken hun oorsprong hebben flink verdrogen.
- Watergangen in het gebied dempen.
- Voedselrijke toplaag afgraven.

Hierdoor zal het gebied een stuk natter worden en meer gevoed door grondwater, wat ontwikkeling van de bijzondere natuurtypen die er voorheen voorkwamen, stimuleert. Na inrichting is een goed vervolgbeheer erg belangrijk. Hier zijn aanbevelingen voor gedaan in het rapport.





# 1. Inleiding

## 1.1. Aanleiding

De familie Dura, eigenaar van het gebied 'Hemelzicht' in Bathmen, wil een landhuis op haar bezit bouwen. Het terrein heeft een oppervlakte van ca. 40 ha. en bestaat voornamelijk uit beboste percelen met loof- en naaldhoutopstanden en enkele open landerijen in agrarisch gebruik (circa 14 ha grasland en maïs). Hemelzicht is gelegen in het buitengebied van de gemeente Deventer direct ten noorden van de N344 (Holterweg) ter hoogte van de Marsweg. Bijzonder op Hemelzicht zijn de overgangen tussen hogere droge en lagere natte delen. Door omvorming van agrarisch areaal naar nieuwe natuur zal Hemelzicht straks voor 100% uit bos en natuurterrein bestaan, waarvan minimaal 30% nieuw is door omvorming van agrarisch areaal.

De vraag is wat de potenties zijn voor de ontwikkeling van waardevolle natuurdoeltypen. Om de natuurpotenties van een gebied te analyseren, is het noodzakelijk om te weten hoe het gebied functioneert en heeft gefunctioneerd. Dat geeft inzicht in de kansrijke en minder kansrijke plekken voor natuurontwikkeling en de herstelmaatregelen die daarbij horen. Om potenties en maatregelen te formuleren, is door de Unie van Bosgroepen en Onderzoekcentrum B-WARE een landschapsecologische 'quickscan' van het gebied uitgevoerd. Deze quickscan is de basis voor de bestemmingsplanprocedure.

## 1.2. Vraagstellingen

Het doel van deze quickscan is een overzicht te krijgen van de kansrijke en minder kansrijke terreindelen voor de ontwikkeling van natuurdoeltypen en de maatregelen die nodig zijn om het herstel of ontwikkeling van deze doeltypen mogelijk te maken. De vragen die op basis van dit onderzoek worden beantwoord, zijn:

- Welke percelen zijn geschikt voor de ontwikkeling van voedselarme natuur?
- Welke natuurdoeltypen zijn daar in potentie haalbaar?
- Welke herstelmaatregelen zijn nodig?



## 2. Werkzaamheden

Een landschapsecologische quickscan geeft inzicht in het functioneren van het gebied, hetgeen gevolgen heeft voor de ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied. Op basis van de resultaten van de quickscan, kan uitspraak worden gedaan over de potenties en benodigde maatregelen. Om de onderzoeksvragen te beantwoorden, zijn enkele stappen uitgevoerd die hieronder zijn beschreven.

### *Stap 1: Verkenning bestaande gegevens*

Omdat het van belang is om te weten hoe het projectgebied landschapsecologisch en hydrologisch functioneert, is eerst gekeken naar bestaande gegevens over de aardkundige, ecologische en cultuurhistorische eigenschappen van het gebied. Dit was primair gericht om een beeld te vormen over de historisch aanwezige natuurtypen, de aardkundige eigenschappen en cultuurhistorische ingrepen in het landschap. Hiervoor is al een basis gelegd door NXTlandscapes (2015) en Ecogroen Advies (2015). Bestaande bodemkundige gegevens (bodemkaart 1:50.000 en boordata uit het BIS (Bodemkundig InformatieSysteem) zijn verkend, evenals het AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland), geologische data uit het TNO-dinoloket en historisch kaartmateriaal.

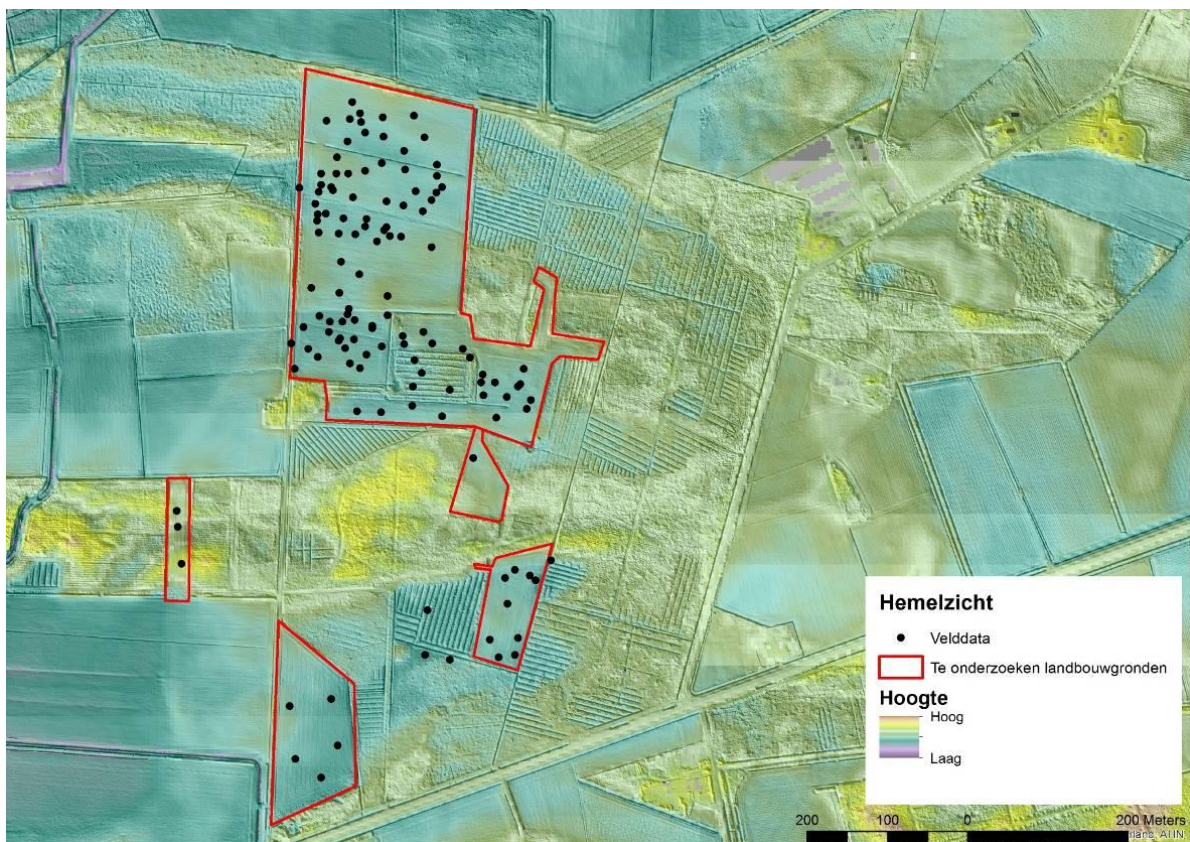
### *Stap 2: Veldonderzoek*

Het veldonderzoek bestond uit de volgende onderdelen:

- Een bodemkartering met de focus op de onverstoorde plekken met bijzondere bodems zoals bodems die onder invloed van grondwater zijn ontstaan. De bodem is gevormd door een combinatie van geologisch substraat, het reliëf, hydrologische processen, de vegetatie en cultuurhistorische invloeden. Daarmee geeft de bodem veel inzicht in de standplaatscondities voor verschillende natuurdoeltypen en is het van belang dit in beeld te brengen. Een landschapsecologische bodemkartering geeft een update van de bodemkundige veranderingen en is een detaillering van de landelijke bodemkaart van 1983 (tekstkader 2.1). Er zijn in totaal 125 boringen verricht (voor boorlocaties, zie Figuur 2.1). Bij het boren is tot in ieder geval 120 cm-mv geboord en is het volgende beschreven:
  - Het actuele en oorspronkelijke bodemtype op basis van het huidige classificatiesysteem.
  - De actuele en historische grondwaterstanden op basis van reductiekenmerken in het bodemprofiel.
- In elk boorgat is de pH en EGV (Elektrisch Geleidingsvermogen) van het grondwater (indien aanwezig) gemeten.
- Om het landschapsecologische systeem goed te kunnen doorgronden, was het van belang om over de grenzen van de landbouwgronden heen te kijken. Daarom is op sommige plekken tevens het omliggende bos globaal verkend.
- De aanwezige watergangen zijn verkend en het effect daarvan op het landschapsecologische systeem, op basis van een expert judgement.

**Tekstkader 2.1: Toegevoegde waarde van een landschapsecologische bodemkartering.**

De landelijke 1:50.000 bodemkaart geeft een goed beeld van de patronen op landschapsschaal, maar onvoldoende beeld op lokaal niveau. Bij de totstandkoming van deze kaart was één boring op 6.25 hectare gezet, waardoor natuurlijke overgangen vaak onvoldoende uit het kaartbeeld naar voren komen. Deze zijn op basis van veldkenmerken wel ingeschat, maar veelal onvolledig. Voor de leesbaarheid van de kaart is de kleinste afmeting van een bodemeenheid 10 hectare. Er is bij het maken van de bodemkaart gestreefd naar een kaartzuiverheid van 70% (Locher & De Bakker, 1990). Uit ervaring blijkt dat vooral in natuurterreinen (ongecultiveerde gronden) een grotere onzuiverheid aanwezig is. De bodemkaart 1:50.000 is dus ongeschikt om de ecologische potenties te kunnen bepalen.



**Figuur 2.1: De 125 boorlocaties (ondergrond: Actueel Hoogtebestand Nederland).**

**Stap 3: Bodem- en hydrochemisch onderzoek**

Als gevolg van het zeer intensieve gebruik van het agrarisch gebied in Nederland levert de omvorming van voormalige landbouwgronden tot voedselarme (natte) natuurgebieden vaak problemen op. Waardevolle, soortenrijke natuurtypen hebben een voedselarm milieu nodig en in (voormalige) landbouwpercelen is er een overmaat aan voedingsstoffen (zie Bijlage 2 voor achtergrondinformatie over natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden). Er zijn dan maatregelen nodig zoals vaak maaien en afvoeren of (gedeeltelijk) afgraven van de toplaag van de bodem.

Om maatregelen te formuleren, zijn de bodem en het grondwater geanalyseerd op onder andere voedingsstoffen. Op basis van het veldonderzoek zijn de belangrijke plekken voor bodembemonstering aangegeven (zie Figuur 2.2). Op 8 en 9 december 2015 zijn door dhr. Jan Vermeer van Het Veldwerkbureau bodemmonsters verzameld voor analyse. Op 5 locaties is door middel van de plaatsing van een tijdelijke peilbuis een freatisch grondwatermonster verzameld. Door middel van verschillende analyses (zie Bijlage 2) zijn door onderzoekscentrum B-WARE de concentraties van verschillende voedingsstoffen en andere elementen in het grondwater en de bodem bepaald.



**Figuur 2.2:** Overzicht van de monsterlocaties (bron: top10 NL)

#### *Stap 4: Formuleren van natuurdoeltypen en maatregelen*

Op basis het veldonderzoek werd duidelijk wat de potentiële natuurdoeltypen zijn van de percelen. In combinatie met de gegevens over water- en bodemkwaliteit konden vervolgens maatregelen worden geformuleerd die nodig zijn om die natuurdoeltypen te realiseren. Daarbij is rekening gehouden met aanwezige knelpunten in en buiten het gebied.



## 3. Gebiedskenmerken

### 3.1. Landschappelijke context en historisch gebruik

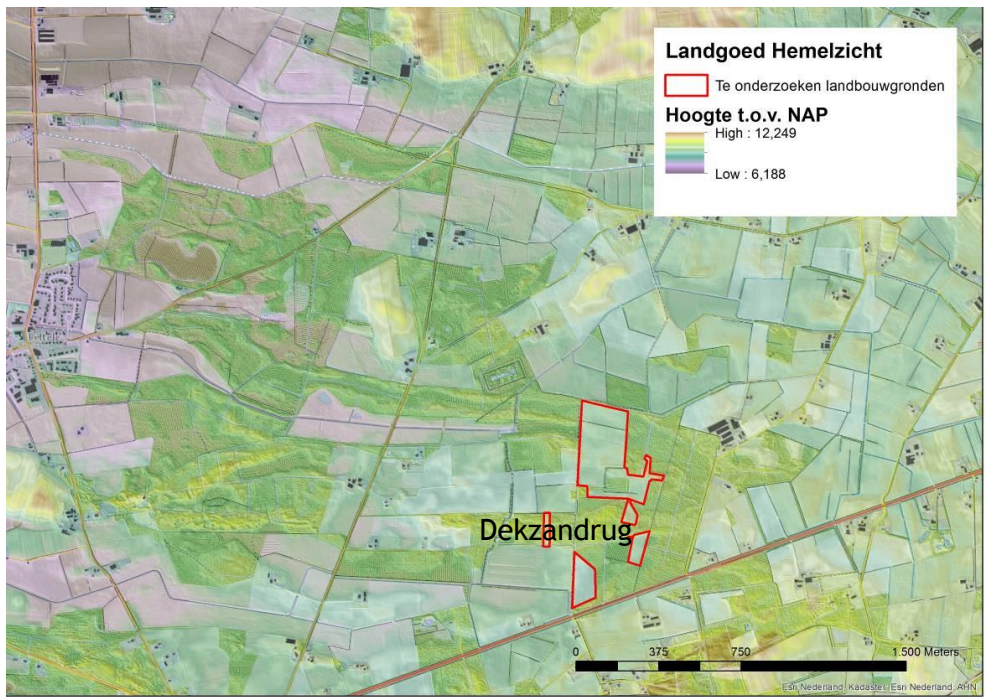
Het plangebied bestaat uit een aantal landbouwpercelen en ligt ten oosten van Lettele (Figuur 4.1). Het vormt de schakel tussen het bosgebied 't Hemeltje (ten zuiden) en landgoed 't Oostermaat (ten westen). Het gebied ligt relatief hoog in het landschap, waardoor het grotendeels een 'inzijggebied' is: vooral regenwater heeft invloed, grondwater in mindere mate.

Hoewel het gebied voor landbouwkundig gebruik is geëgaliseerd, te zien aan de grotere hoogteverschillen buiten de landbouwpercelen dan op de percelen zelf, is het reliëf nog goed te zien en intact (Figuur 3.1). Een dekzandrug doorsnijdt het plangebied in oost-westelijke richting. Een aantal slenken flankert deze rug, zowel aan de noord- als zuidkant. Deze slenken ontstaan ten oosten van het plangebied en hellen in westelijke richting af. In het noorden is te zien dat een slenk zich in tweeën splitst, gescheiden door een smalle dekzandrug. De zuidelijke tak van deze slenk gaat in het westen over in de Letteler Leide.

Hoewel de landbouwpercelen al ongeveer sinds de tweede wereldoorlog in landbouwkundig gebruik zijn, hebben ze niet altijd die functie gehad. In de loop van de jaren is het landgebruik behoorlijk veranderd (Figuur 3.2):

- Rond 1800 staat de omgeving op de kaart als de Bathemer Heide. Het plangebied was toen erg nat, te zien aan de strepen op de kaart.
- Rond 1850 is er al een deel verbost, maar op het noordelijke perceel zijn nog twee natte slenken gemarkeerd.
- In 1900 is het plangebied verbost, in 1930 in nog grotere mate. Waarschijnlijk was het gebied te nat en daardoor in eerste instantie niet aantrekkelijk genoeg om als landbouwgebied in gebruik te nemen.
- Rond de oorlog is het gebied alsnog in landbouwkundig gebruik genomen.





**Figuur 3.1:** Hoogteligging van het plangebied (rood omlijnd) in de omgeving. In het plangebied wordt de dekzandrug (geel/groen) aan de noord- en zuidkant geflankeerd door twee hoofdslenken (blauw/groen) (ondergrond: top10 en Actueel Hoogtebestand Nederland).



± 1800 (Krayenhoff)



± 1850 (topografische militaire kaart)



± 1930 (Bonne)



± 1940 (Top25)

**Figuur 3.2:** Historische kaarten van 1800 tot 1940. Het meest noordelijke perceel binnen het plangebied is steeds rood omcirkeld. Bron: <http://topotijdreis.nl>.



### 3.2. Bodem

Naast reliëfkenmerken geeft de bodem inzicht in de natuurlijke stroming van het grondwater en daarmee de (historische) locaties van slenken. In het projectgebied komen de volgende bodemtypen voor (Figuur 3.4):

- Veldpodzolen op de ruggen (Foto 3.1)

In de ruggen zijgt van nature regenwater in de bodem, richting het grondwater.

- Gooreerdgronden op overgang van de ruggen naar de slenken (Foto 3.2)

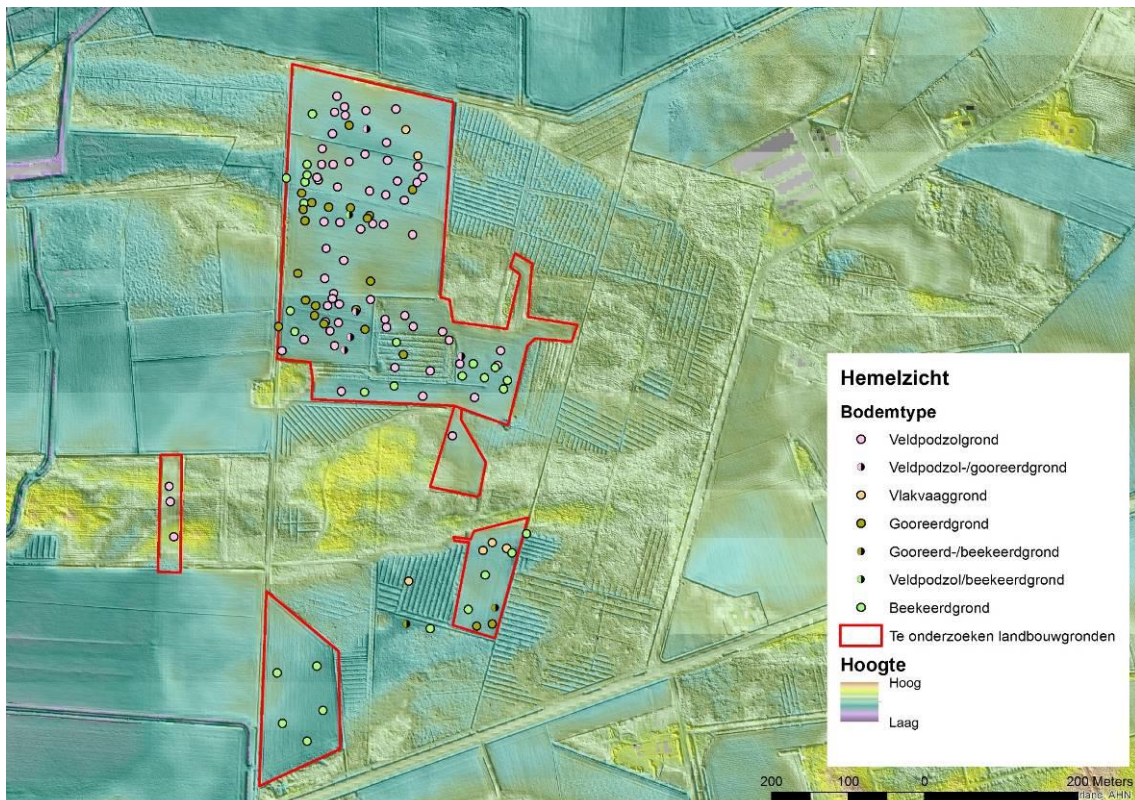
De randen vormen het kantelpunt tussen infiltratie in de zomer/nazomer en kwel in de winterperiode. Het grondwater treedt zijdelings uit en stroomt oppervlakkig d.w.z. over maaiveld of door de wortelzone van de vegetatie naar de lagere delen van de slenk.

- Beekeerdgronden in de slenken (Foto 3.3)

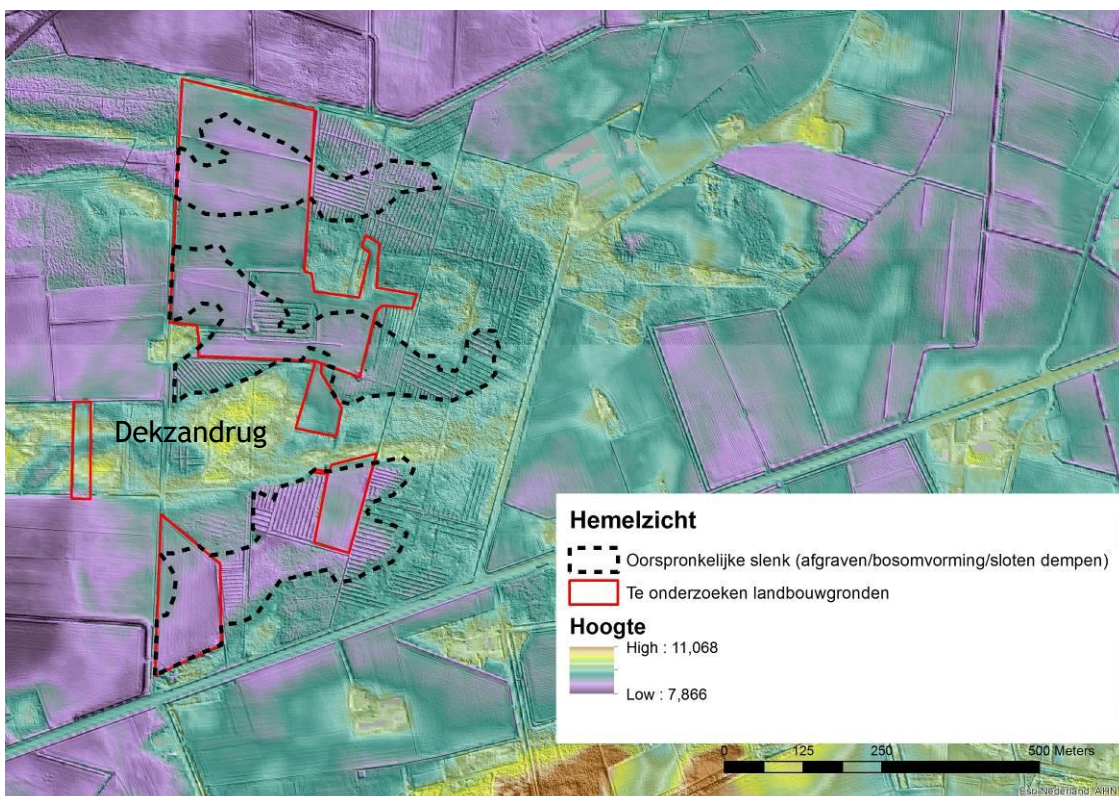
Hier treedt meer grondwater uit, dat ijzerrijk is en in het bodemprofiel zichtbaar is aan roestvlekken. Het grondwater zakt in de zomer/nazomer van nature niet dieper weg dan 80 cm.

Zoals verwacht op basis van de hoogtekartaart, is het gebied inderdaad voornamelijk een inzigtgebied (gekenmerkt door veldpodzolen), maar zijn er ook enkele slenken (met bekeerdgronden) aanwezig.

Dat zijn grofweg twee hoofdslenken: in het zuiden en direct ten noorden van de dekzandrug (Figuur 3.5). De laagte in het noordelijke perceel die in het westen buiten het plangebied wordt gesplitst en overgaat in de Letteler Leide, bestaat toch voornamelijk uit veldpodzolen en is dus een inzigtgebied. Aan de westrand zijn echter nog wel wat 'tenen' van slenken (met bekeerd/gooreerdgronden) aangetroffen. De slenken zijn van oorsprong de natste delen van het terrein, vandaar dat men ten behoeve van de landbouw die delen soms ophoogde met grond van elders. Ook in Hemelzicht is hier sprake van (Figuur 3.6). Vaak werd in combinatie met ophogen de grond diep geploegd zodat eventuele slecht doorlatende lagen, zoals leemschollen, werden doorbroken en daardoor het regenwater makkelijker de grond in kon zijgen. Daarom is juist in de slenken, waar vaak dergelijke leemschollen dichter aan het oppervlak lagen, dieper geploegd dan de regulieren ploegdiepte van ca. 40 cm, namelijk tot wel 70 cm onder maaiveld (Figuur 3.7).



**Figuur 3.4:** Bodemtypes in het plangebied. De beekeerdgronden (lichtgroen) zijn ontstaan onder invloed van grondwater, de veldpodzolen (roze) onder invloed van regenwater. Gooreerdgronden (donkergroen) liggen op de overgang van veldpodzol naar beekeerd.



**Figuur 3.5:** Ligging van de slenken op basis van de bodemkartering.





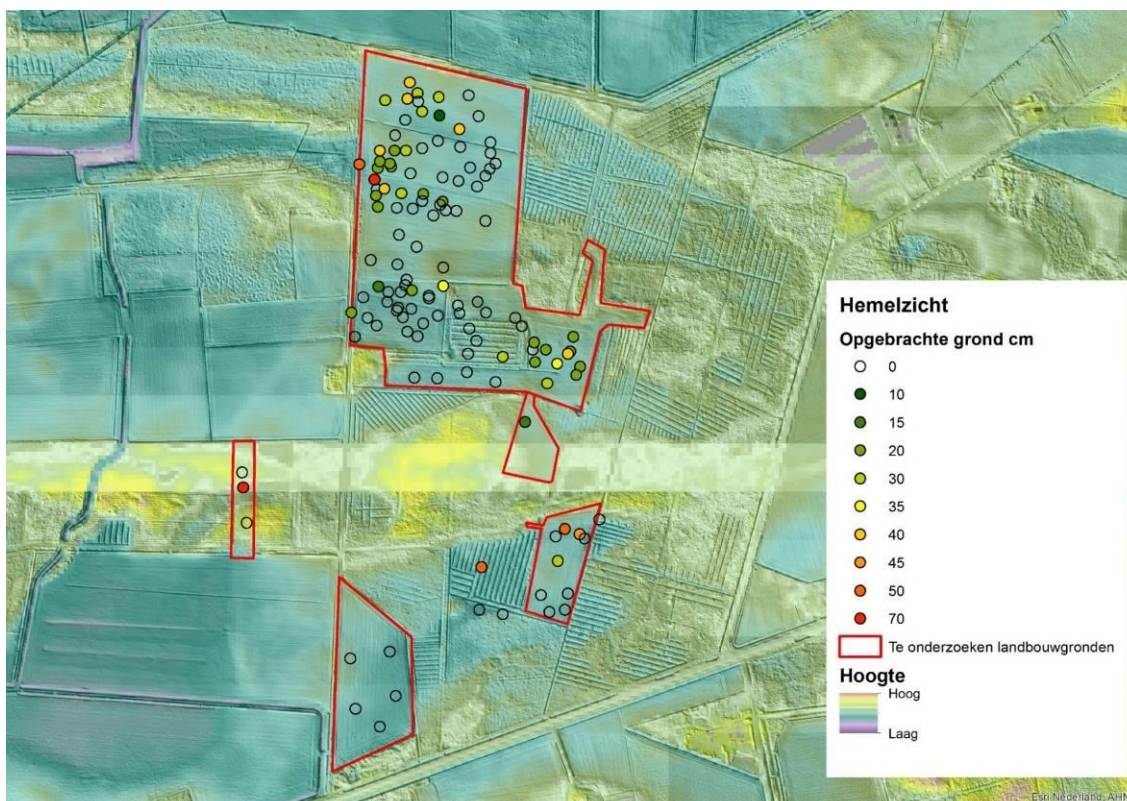
**Foto 3.1:** Veldpodzolgrond met een A-, B- en C- 'horizont' (zwart, bruin en geel). Foto: Ariët Kieskamp.



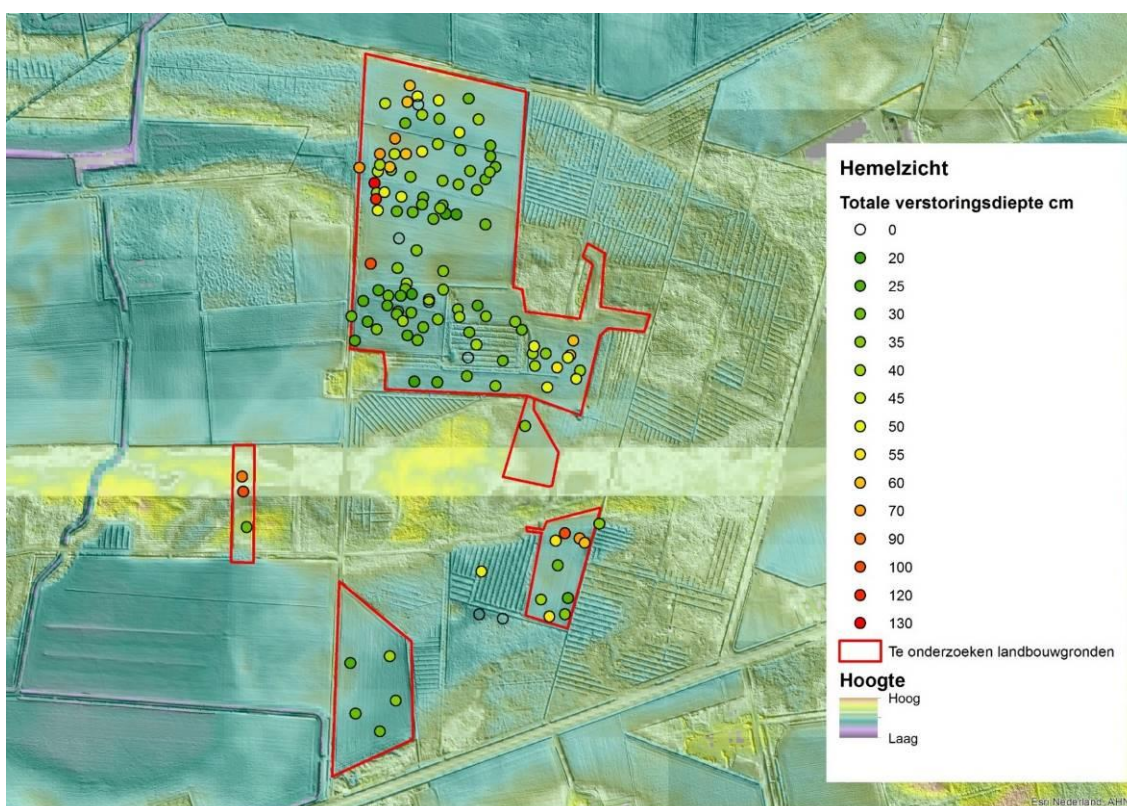
**Foto 3.2:** Gooreerdgrond met een A- en C- horizont (zwart en grijs) en roest dieper dan 35 cm onder maaiveld (de vage oranje vlekken). Foto: Ariët Kieskamp.



**Foto 3.3:** Beekeerdgrond met eveneens een A- en C- horizont maar duidelijke roest binnen 35 cm onder maaiveld. Foto: Ariët Kieskamp.



**Figuur 3.6:** Locaties met opgebrachte grond en de dikte van die laag. De locaties met cirkels zonder kleuropvulling zijn niet opgehoogd.



**Figuur 3.7:** Totale verstoringsdiepte (opgebracht + geploegd) ten opzichte van maaiveld. De locaties met cirkels zonder kleuropvulling zijn niet verstoord: dit zijn alleen de locaties in het rabattenbos in het zuiden.



### 3.3. Waterstanden en waterkwaliteit

#### Waterstanden

Tijdens het veldonderzoek (december 2015) was het erg nat in het gebied. Dat bevestigden de bodemprofielen: actuele roest tot hoog in het profiel laten de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) zien. Hoewel die GHG nog tot in het maaiveld reikt zoals historisch (Tabel 3.1), is de periode waarin die waterstanden hoog staan, sterk verkort. De grondwaterstanden zakken namelijk in de zomer in de gooreerd- en beekeerdgronden veel dieper weg dan historisch: zo'n 40-100 cm (Tabel 3.1). Op de veldpodzolgronden is dat effect minder. Het gebied heeft van nature sterk wisselende waterstanden met hoge grondwaterstanden in de winter en wegzakkende waterstanden in de zomer, maar in de huidige situatie zakken de waterstanden in de zomer dus veel dieper weg dan voorheen. Dit is het effect van ontwateringen, zowel in het gebied als daarbuiten, die het gebied in de loop van de tijd hebben verdroogd. In het verleden zijn met name in de lagere delen veel watergangen gegraven om het gebied te verdrogen en daarmee geschikt te maken voor de landbouw. Denk daarbij aan de Zandwetering en de Letteler Leide om de natte gronden van de Bathemerheide te kunnen ontginnen (Jansen, 2006). De grootste ingrepen waren in de tweede helft van de 20<sup>e</sup> eeuw, tijdens de ruilverkavelingen.

*Tabel 3.1: Actuele en historische GHG (Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand) en GLG (Gemiddelde Laagste Grondwaterstand) per bodemtype (bron historische waterstanden: Waterlood versie 3.0.1.) De rode cijfers geven aan dat de waterstanden lager zijn dan in het verleden.*

Bodemtype	GHG (cm onder maaiveld)		GLG (cm onder maaiveld)	
	Actueel	Historisch	Actueel	Historisch
Veldpodzolgrond	25-40	27	110-140	120
Gooreerdgrond	0-40	9	120-170	79
Beekeerdgrond	0-25	2	120-160	60

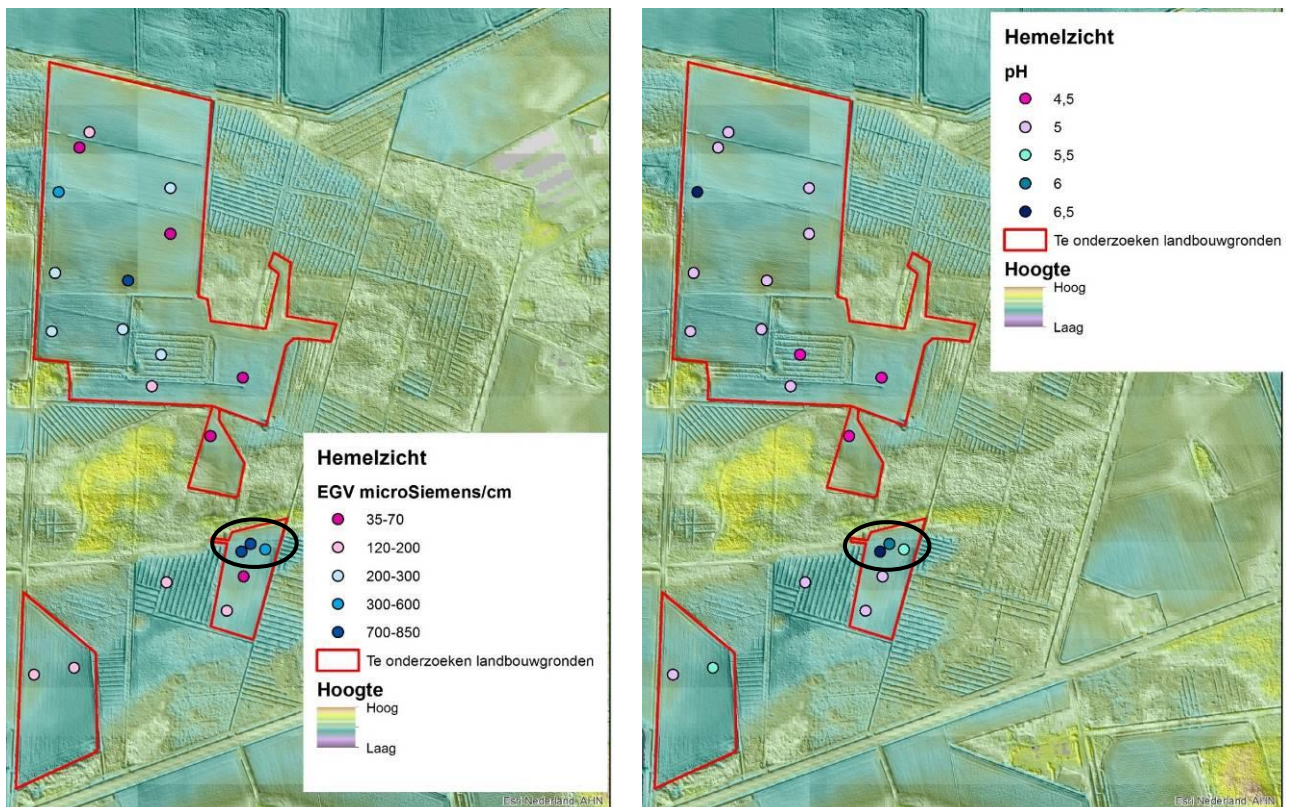
#### Waterkwaliteit

De pH (zuurgraad) en het EGV (Elektrisch Geleidingsvermogen, een maat voor de hoeveelheid opgeloste stoffen) laten, evenals de bodemtypen en het reliëf, plekken zien die het meest onder invloed staan van grondwater. Het grondwater zorgt voor een hogere pH en EGV, regenwater voor lagere waarden (voor uitleg, zie Tekstkader 3.1).

In het plangebied is het vooral de zuidelijke slenk en het puntje van de slenk in het noordelijke perceel waar in het veld aangerijkt grondwater werd gemeten (zie Figuur 3.8). Ook metingen in het lab (voor locaties zie Figuur 2.2) laten op die locaties zien dat het grondwater sterk 'gebufferd' is (aangerijkt) met een pH van 7-7,2. Overigens is op de andere drie gemeten locaties het grondwater ook al (matig) gebufferd, met een pH van 6,1-6,5 (voor alle grondwaterkwaliteitsdata, zie Bijlage 4). Doordat op redelijk ondiepe diepte leemhoudend zand voorkomt, hele oude afzettingen van de Rijn (Bijlage 5).

**Tekstkader 3.1:** De invloed van regenwater en grondwater op de pH en EGV (Elektrisch Geleidingsvermogen).

Regenwater heeft over het algemeen een EGV van <math><100 \mu\text{S}/\text{m}</math>. <math>50-200 \mu\text{S}/\text{m}</math> indiceert dat er sprake is van grondwater, hoewel met een relatief korte verblijftijd ondergronds. Grondwater met een langere verblijftijd kenmerkt zich met een EGV van <math>200-500 \mu\text{S}/\text{m}</math> (Giesen en Geurts, 2002). Omdat vervuiling/bemesting de meetwaarden kunnen beïnvloeden, zijn EGV-metingen niet altijd betrouwbaar. De EGV-waarde van ca <math>800 \mu\text{S}/\text{m}</math> is (ook) beïnvloed door vervuiling als gevolg van landbouwkundig gebruik en/of bodemverstoring door opgebrachte grond.



**Figuur 3.9:** EGV (Elektrisch Geleidingsvermogen) en pH (zuurgraad) van het water in de boorgaten. In de slenk aan de zuidkant (zwart omlijnd) is met name het water aangerijkt (relatief hoge EGV en pH)

### 3.4. Bodemchemie

De tabel met alle bodemkwaliteitsdata is opgenomen in Bijlage 6. De paragraaf bespreekt de essentie van de resultaten van de bodemchemische analyse.

Voor planten zijn fosfor (P), stikstof (N) en kalium (K) de belangrijkste voedingsstoffen. In Nederland vormen voornamelijk teveel P (in de vorm van fosfaat) en N (vaak in de vorm van nitraat) een probleem voor de ontwikkeling van voedselarme, soortenrijke natuur. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en wordt onder natte omstandigheden omgezet naar een variant die uit het systeem verdwijnt. Fosfaat blijft (onder droge omstandigheden) goed gebonden aan de bodem, waardoor het nog ligt opgehoopt in de toplaag (Lamers et al. 2005). Bij ontwikkeling van voedselarme natuur wordt dan vaak ook ‘gestuurd’ op het verlagen van de P-concentraties.

Daarom is voor de ecologische potenties van dit gebied voornamelijk gekeken naar de totale hoeveelheid P in de bodem en het gedeelte daarvan dat voor planten beschikbaar is ('Olsen-P'). Op Hemelzicht is als gevolg van het landbouwkundig gebruik van de percelen de P-beschikbaarheid voor planten in de toplaag te hoog voor de ontwikkeling van voedselarme, soortenrijke natuur. Zowel de totaal-P-concentraties als de Olsen-P-concentraties nemen (sterk) af in de diepte (voor tabel met bodemkwaliteitsdata, zie Bijlage 6). Over het algemeen zijn de bovenste 40 cm van de bodem te rijk aan P om waardevolle, soortenrijke natuurtypen te ontwikkelen.

Primair is het een vereiste om, voor de ontwikkeling van onder andere soortenrijke heide en schraallanden, P-gelimiteerde omstandigheden te creëren. Qua natuurpotenties zijn daarnaast enkele andere parameters relevant. Bijvoorbeeld de calciumconcentratie, die de mate van buffering van een bodem weergeeft en waaruit is af te leiden of de ontwikkeling van een zure heide of een (zwak) gebufferd schraalland mogelijk is.

Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag. Dit proces wordt versterkt op locaties waar sprake is van ijzer- en calciumrijk kwelwater (Bijlage 4). In Bijlage 7 worden per locatie op basis van het bodemtype, de bodemchemie (met name de fosfaatconcentraties en de mate van buffering) en de te verwachten hydrologische omstandigheden de natuurpotenties en bijbehorende inrichtingsmaatregelen toegelicht.

### **3.5. Huidige natuurwaarden**

Door een teveel aan voedingsstoffen (door bemesting) en verdroging zijn de meeste soorten die kenmerkend zijn voor schrale, vochtige/natte natuurtypen uit het gebied verdwenen. Opvallend is dat er in het aangrenzende bos (ten noordoosten van het meest zuidelijke perceel) nog wel Wilde gagel aanwezig is: een Rode Lijstsoort die van nature voorkomt op de overgang van regenwatergevoede naar grondwatergevoede gronden, ofwel de gooreerdgronden. Wilde gagel staat van nature in vochtige heidegebieden en indiceert hier dat er zijdelings afstromend grondwater aanwezig is.

Het plangebied is de schakel tussen bosgebied 't Hemeltje (zuid) en landgoed Oostermaet (west). Landgoed Oostermaet staat onder andere bekend om het natte natuurgebied 'de Slenk'. De Slenk is een overblijfsel van de voormalige uitgestrekte Bathemerheide en heeft vegetaties die kenmerkend zijn voor voedselarme, natte omstandigheden (zie Jansen, 2006). Deze vegetaties hebben na inrichting van Hemelzicht ook kans om zich daar te vestigen.



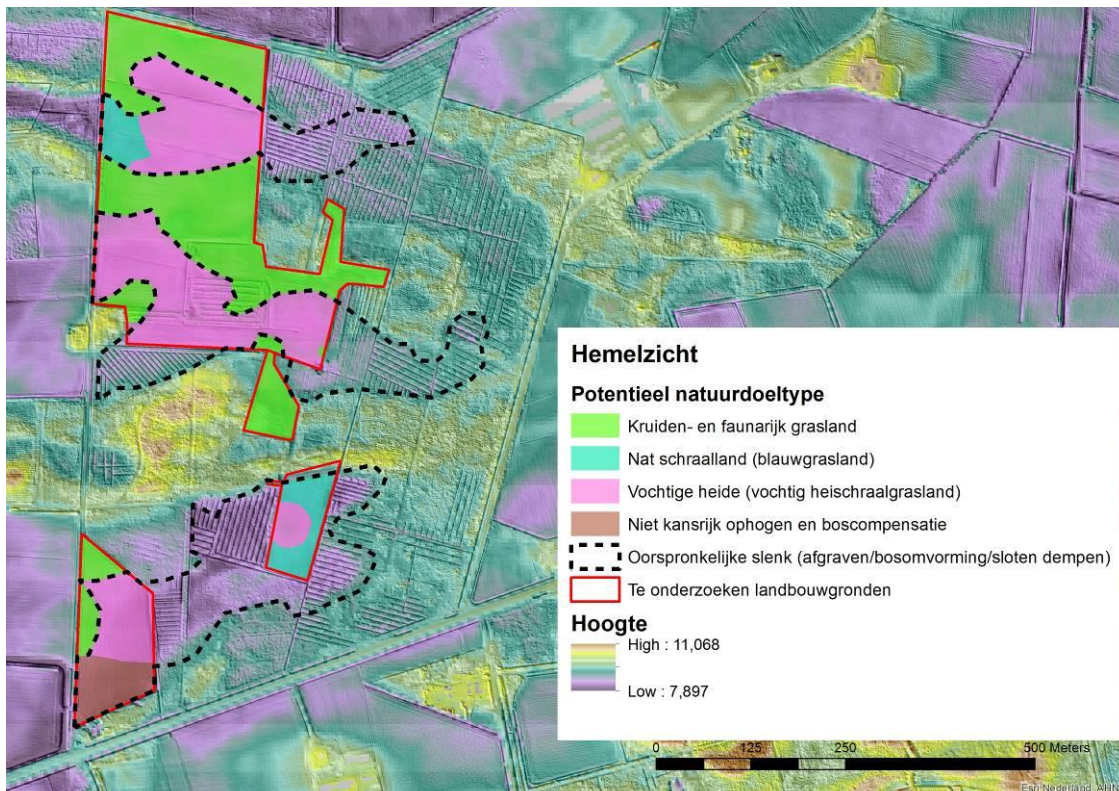


## 4. Natuurpotenties

Op basis van de quickscan zijn de natuurpotenties in kaart gebracht (Figuur 4.1). Het is belangrijk om te benadrukken dat de ontwikkeling van natte natuurtypen sterk afhankelijk is van de waterhuishouding/waterstanden, niet alleen de bodemchemische omstandigheden zijn leidend. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallanden/hooilanden) tegen te gaan.

Niet alleen in het gebied, maar juist ook ontwateringen buiten het gebied hebben een grote impact (gehad) op de waterhuishouding in het systeem. Zo zijn in het natuurgebied De Slenk op landgoed Oostermaete meeste soorten die kwel indiceren in de loop van de 20<sup>e</sup> eeuw verdwenen. Door verdroging komt hier niet tot nauwelijks meer kwel aan het oppervlak en wordt het gebied met name gevoed door regenwater (Jansen, 2006). De waterstanden zullen zonder extreme ingrepen in de omgeving nooit zo worden als in het verre verleden.

Dat wil niet zeggen dat maatregelen die in het gebied en in de nabije omgeving kunnen worden uitgevoerd, geen zin hebben. Ze zullen wel degelijk het gebied vernatten. Welke effecten deze hydrologische maatregelen precies zullen hebben, is onduidelijk. Daardoor kan niet concreet worden voorspeld welke vochtige/natte natuurdoeltypen zich hier kunnen ontwikkelen.



**Figuur 4.1:** Potentiële natuurdoeltypen in het plangebied.



## 5. Inrichting

Zoals al genoemd is het gebied en zijn omgeving sterk verdroogd door onder andere vele watergangen. Om natuurdoeltypen (zie hoofdstuk 4) te realiseren, is herstel op landschapsschaal van belang. Dit betekent dat er over de grenzen van de voormalige landbouwgronden moet worden gekeken wat betreft hydrologische maatregelen. Er zijn maatregelen geformuleerd die zorgen voor (deels) herstel van het hydrologisch systeem, die in het plangebied en zijn nabije omgeving kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast is aangegeven waar en hoeveel grond er moet worden afgegraven voor het herstel tot een voedselarme bodem. De maatregelen zijn hieronder nader uitgewerkt.

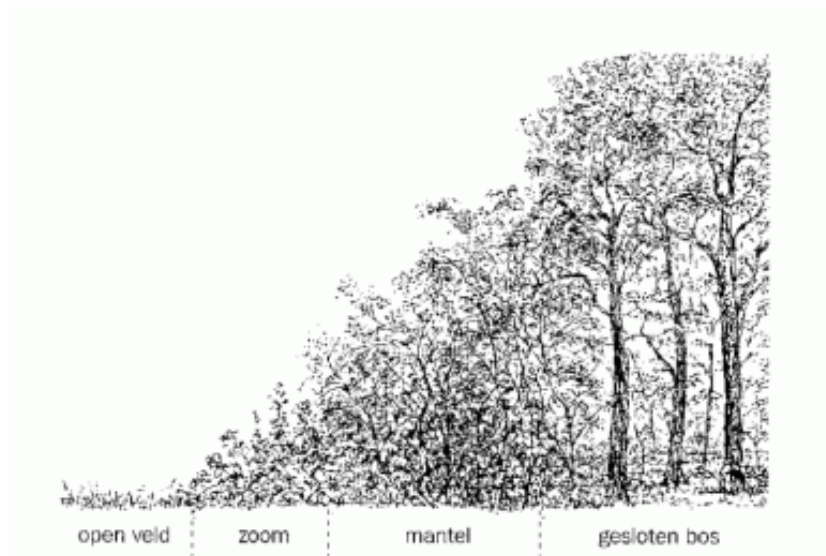
### 5.1. Maatregelen

#### *Herstel van het watersysteem*

De slenken beginnen in of aangrenzend aan het landgoed en lopen af naar het westen. De oorsprong van slenken is nu een bosgebied. Door verschillende factoren is de hoeveelheid water dat in de slenken uittreedt, verminderd. In het plangebied en de nabije omgeving zijn deze factoren:

- De rabattenbossen: naaldbos verdampt tot 600 mm per jaar (in vergelijking met 400 mm door een korte vegetatie). Bovendien zorgt de veelheid aan sloten tussen de rabatten in het voorjaar voor een verminderde hoeveelheid water aan maaiveld.
- Overige sloten, met name 'zaksloten': deze zijn aangelegd om het neerslagwater in de winterperiode af te voeren naar poelen, om in het voorjaar het land te kunnen bewerken of bemesten.

Bij de inrichting dienen al deze ontwateringen en poelen te worden gedempt, omdat ze net als de greppels in de rabattenbossen, verdrogend werken op de slenken. Daarvoor dient het bos in de slenk volledig te worden gekapt (voor begrenzing zie Figuur 5.3). Buiten de slenken wordt aanbevolen een zogenaamde mantel-zoomvegetatie te creëren: een overgang van open vegetatie naar bos (Figuur 5.1). Dit verhoogt de hoeveelheid licht en bloemaanbod in het bos, hetgeen gunstig is voor fauna (zoals insecten en vogels). De breedte van die mantel-zoomvegetatie dient minimaal één keer de boomhoogte te zijn, zo'n 30 meter. Een zeer sterke hoogdunning, d.w.z. alle hoge bomen eruit kappen en de struiklaag met enkele overstaanders sparen, leidt tot meer licht in die rand. Door in het eerste deel van de 30 meter ook de struiken grotendeels te verwijderen, kunnen er veel kruiden opschieten. Door uit uitdunnen van de boomlaag in het 2de deel van deze 30 meter brede zone ontstaat een licht bos van voornamelijk struiken en enkele bomen.



**Figuur 5.1:** Mantel-zoomvegetatie: een overgang van gesloten bos naar meer open bos, met vervolgens een zoom met veel kruiden, gevolgd door de open vegetatie (de slenk) (bron: [www.groenloket.nl](http://www.groenloket.nl)).

Nadat het bos is gekapt, kunnen de rabatten worden uitgeschoond en de strooisellaag op de ruggen verwijderd. Dit is van belang om nalevering van voedingsstoffen vanuit de humus en organische modder te voorkomen. Daarnaast zal een sloot die gedempt is met organisch materiaal nog steeds draineren en dat moet worden voorkomen. Vervolgens kunnen de ruggen in de sloten worden geschoven. Indien nodig moeten de sloten verder worden aangevuld met schoon zand met een vergelijkbare korrelgrootte als het zand in de omgeving. Voor alle andere sloten geldt tevens: eerst het organische materiaal verwijderen, daarna dempen met zand met vergelijkbare korrelgrootte als het zand in het gebied. Het zand moet schoon zijn/voedselarm.

De combinatie van bosvorming, het dempen van rabatten en sloten leidt tot een langere verblijftijd van (zwak) gebufferd water in lage terreindelen. De afvoer vindt in de winter vooral over maaiveld plaats. Veel afvoer is er echter niet, want aan het eind van de winter zal door regionale ontwatering (t.b.v. landbouwkundig gebruik) het grondwater snel zakken tot onder maaiveld. Het wat oprekken van de verblijftijd vult de basen (kalk) in de wortelzone aan waardoor verzuring door bodemprocessen en neerslagwater minder invloed op de vegetatie heeft. Dit kan leiden tot zeer bijzondere vegetaties uit blauwgrasland en vochtig heischraal grasland.

De om te vormen bossen en te dempen sloten zijn weergegeven op de maatregelenkaart verderop.

#### *Herstel van de voedselrijkdom*

Vochtige en voedselrijke gronden gaan vaak verruigen, waarbij algemene soorten en ruigtesoorten zoals Pitrus zich gaan ontwikkelen (zie Bijlage 1 voor meer informatie). Omdat voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen met bijzondere soorten P-gelimiteerde omstandigheden nodig zijn, dient die rijke toplaag plaatselijk te worden afgegraven. Hogere ruggen (veldpodzolen) moeten intact blijven: hier bolt grondwater zich op, hetgeen ervoor zorgt dat kwel in de lagere delen (gooreerd- en beekergronden) uittreedt. De volgende aanpak wordt voorgesteld (zie Figuur 5.2):

- In de slenken (bekeerdgronden) wordt de P-rijke (donkere) toplaag volledig verwijderd. Dat is nodig, want na hydrologische maatregelen wordt het hier een stuk natter en daarmee zuurstoflozer: daardoor komt er nog meer P vrij (wat dus leidt tot ontwikkeling

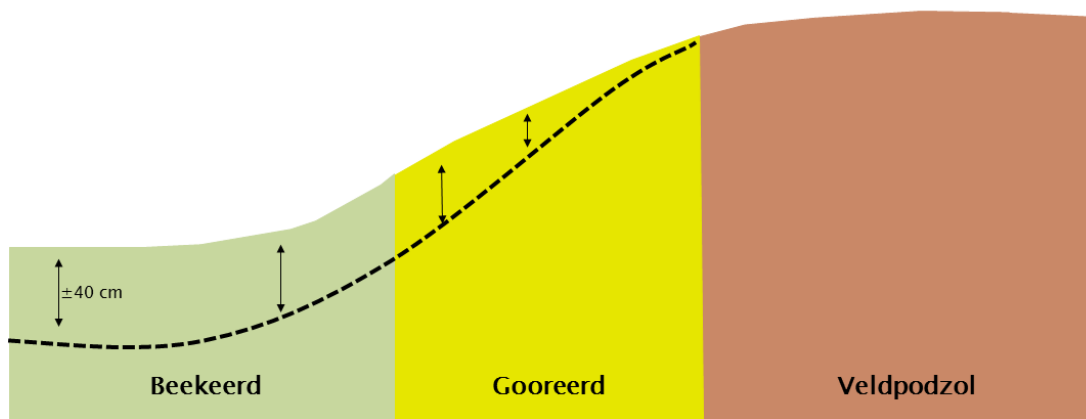
van onder andere Pitrus). Dat is onwenselijk met het oog op ontwikkeling van schrale natuur.

- De ruggen die van nature het inzijgingsgebied voor deze slenken vormen, de veldpodzolgronden, worden gespaard van afgraving. Hier moet zeker de eerste jaren een intensief maaibeheer plaatsvinden om verruiging door extensivering te voorkomen.
- In het overgangsgebied van ruggen/veldpodzolen naar slenken/beekeerden, de gooreerdgronden, wordt een geleidelijke gradiënt aangebracht.

Globaal genomen ligt de fosfaatdiepte tussen de 30 en 45 centimeter en overstijgt daarmee de bouwvoordikte. Om de aardkundige waarden zoveel mogelijk te sparen wordt vooral afgegraven waar laagten zijn opgevuld om daarmee het reliëf te herstellen. In Bijlage 7 zijn per locatie de voorgestelde maatregelen toegelicht (deels geclusterd per zone in het landschap).

Geadviseerd wordt om de graafwerkzaamheden intensief te begeleiden: de bodemopbouw kan lokaal sterk variëren waardoor geplande ontgravingen zo optimaal mogelijk kunnen worden uitgevoerd. Dit vergroot de kansen op een succesvolle natuurontwikkeling.

De geadviseerde ontgrondingsdieptes worden ruimtelijk weergegeven op de maatregelenkaart in de volgende paragraaf.

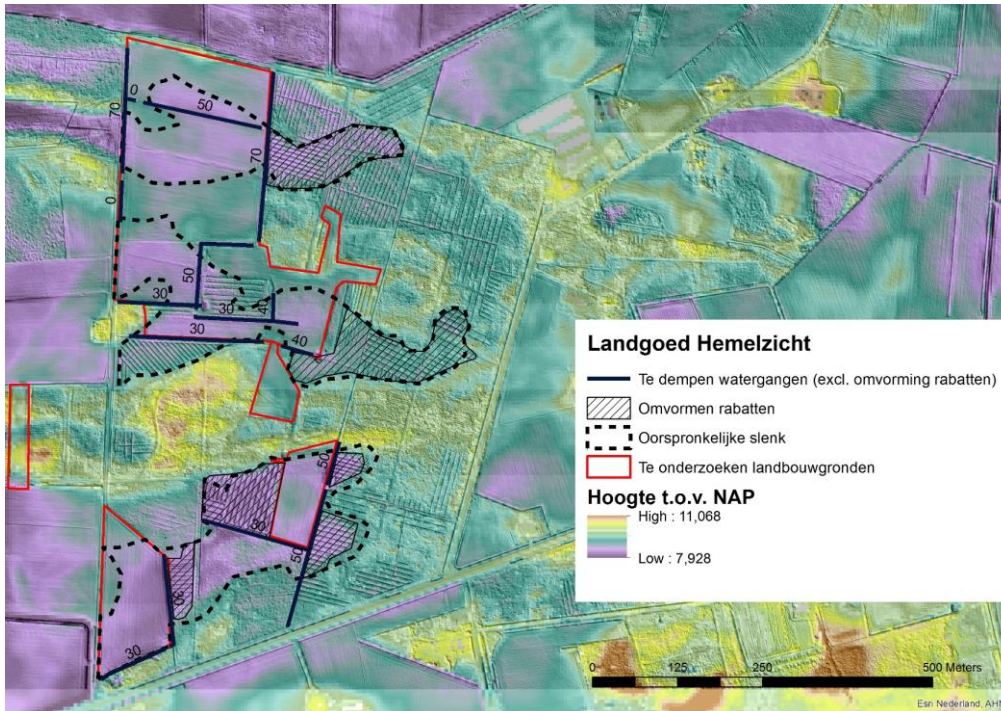


**Figuur 5.2:** De P-rijke toplaag wordt in de beekerdgronden/slenken volledig afgegraven tot op de minerale grond (ca 40 cm). De veldpodzolen/ruggen worden intact gelaten. Daartussen wordt een geleidelijke gradiënt gecreëerd.

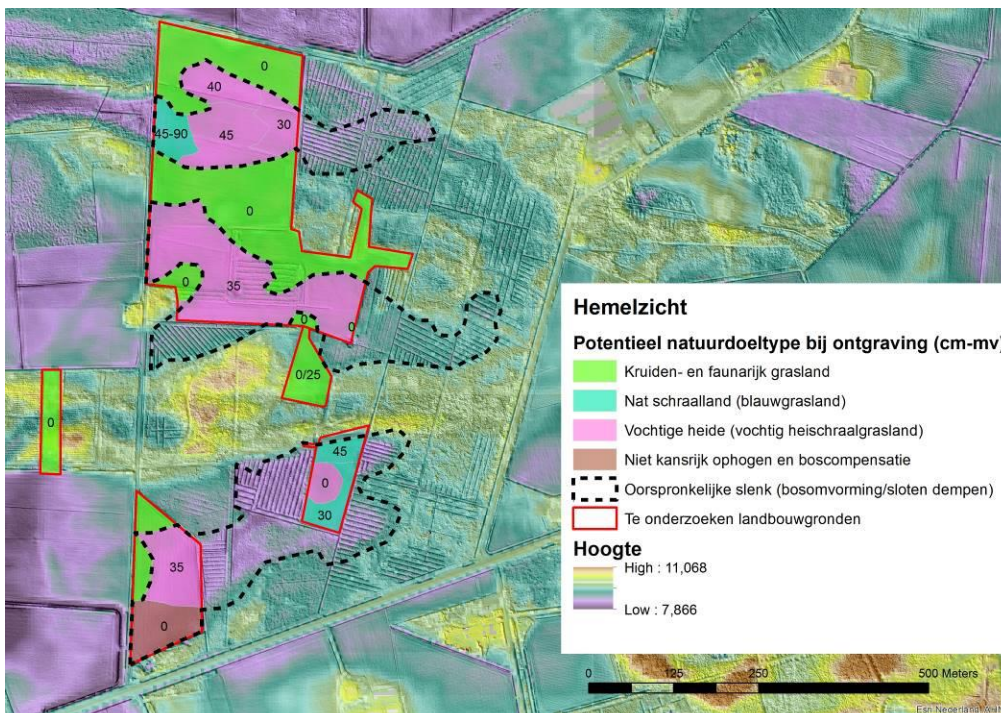


### Maatregelenkaart

De maatregelen zoals hierboven toegelicht, zijn hieronder op kaart weergegeven.



**Figuur 5.3:** Hydrologische Inrichtingsmaatregelen: (te dempen) watergangen en hun diepte in cm en te herstellen rabattenbossen (bos eraf en greppels dempen).



**Figuur 5.4:** Overige inrichtingsmaatregelen: gemiddelde af te graven dieptes en potentiële natuurdoeltypes na ontgraving.

## 5.2. Vervolgbeheer

De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn, kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel (zie verderop) kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Het maaien dient in het droogste deel van het jaar (najaar, september-oktober) plaats te vinden om kapot rijden van de bodem zoveel mogelijk te voorkomen.

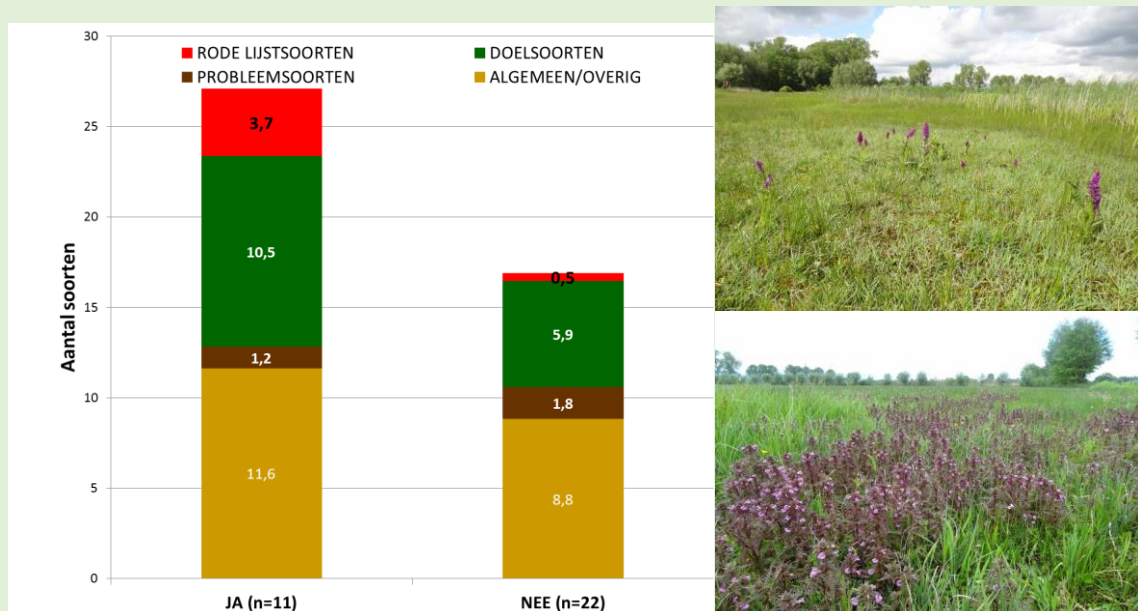
Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein (Tekstkader 5.1).

### Tekstkader 5.1: Herintroductie van doelsoorten.

Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel (schraallanden/hooilanden) of plagsel (heiden) waarbij idealiter 1m<sup>2</sup> vers verzameld maaisel over 1(-2) m<sup>2</sup> bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhizaschimmels) geïntroduceerd. Mycorrhizaschimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken.

Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.



*Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd en gefinancierd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015 waarbij het gemiddeld aantal soorten per locatie wordt weergegeven. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraalgraslandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel ('JA', 11 locaties) en geen ('NEE', 22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalgrasland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's Mark van Mullekom.*



## 6. Literatuur

Bekker, R.M., G.L. Verweij, R.E.N. Smith, R. Reine, J.P. Bakker & S. Schneider (1997). Soil seed banks in european grasslands: does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology* 34: 1293-1310.

Busschers, F.S. & Weerts, H.J.T. (2003). Beschrijving van de formatie van Kreftenheye.

Giesen, T. & Geurts, M. (2002). De betekenis van chemische en fysische wateranalyses. Giesen & Geurts Biologische projecten.

Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009). Biodiversity, Vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191-2201.

Jansen, A.J.M. (2006). Beheersvisie Beschermd Natuurmonument De Slenk: 2006-2020.

Klimkowska, A., Van Diggelen, R., Bakker, J. P. and Grootjans, A. P. (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biol. Conserv.* 140: 318-328.

Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs (2005). Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H<sub>2</sub>O* 38(17): 28-30.

Locher, W.P. & De Bakker, H. (1990). *Bodemkunde van Nederland*. Dl. 1, Algemene bodemkunde. Malmberg, Den Bosch.

Lucassen, E.C.H.E.T. (2004). Biochemical constraints for restoration of sulphate-rich fens. Proefschrift, Katholieke Universiteit, Nijmegen, 150 pages.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M.J. Weijters, R. Bobbink, H. Tomassen & A.J.P. Smolders (2013). Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.

Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009). Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.

Olsen S.R., Cole C.W., Watanabe R. & Dean L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Dpt. of Agriculture circular* 939.

Roelofs, J.G.M., 1993. De fragiele balans tussen verzuring en verbasing in blauwgraslanden. In: E.J. Weeda (red.), *Blauwgraslanden in Twente; Schatkamers van het natuurbehoud*: 32-38. Wet. Med. nr. 209, KNNV, Utrecht.

Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen & E. Brouwer (2009). Ontgronden als maatregel voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.

Smolders A.J.P., Lamers L.P.M., Lucassen E.C.H.E.T., Van der Velde G. & Roelofs J.G.M. (2006a). Internal eutrophication: 'How it works and what to do about it', a review. *Chemistry and Ecology* 22: 93-111.

Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006b). De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.

Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen & J.G.M. Roelofs (2003). Waterpeilregulatie in broekbossen: bron van aanhoudende zorg. *H2O* 36 (24), 17-19.

## Bijlage 1. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden

De bodem is geen statische entiteit. Bodembiota hebben een belangrijke invloed op de bodemstructuur, humusopbouw, vorming van bodemhorizonten en nutriëntenbeschikbaarheid. De abiotische bodemcondities zijn in belangrijke mate sturend voor de vegetatie. Ze zijn relatief eenvoudig te meten en te interpreteren en worden dan ook vaak gebruikt om veranderingen in de vegetatiesamenstelling te begrijpen en beheers- of herstelmaatregelen op te stellen in het kader van bijvoorbeeld natuurontwikkelingsprojecten.

Als gevolg van het zeer intensieve gebruik van het agrarisch gebied in Nederland levert de omvorming van voormalige landbouwgronden tot voedselarme (natte) natuurgebieden vaak problemen op. Wanneer gestreefd wordt naar de ontwikkeling van natuurbeheertypen als nat schraalland (N10-01) of vochtig hooiland (N10-02) is een (matig) voedselarm milieu vereist. Wanneer er in de bodem een overmaat is aan alle voedingstoffen gaan enkele snelgroeiende soorten (Gestreepte witbol, Gewoon struisgras, Akkerdistel, Witte klaver of Engels raaigras) overheersen en ontstaat een ruigtevegetatie. In vochtige tot natte P-rijke terreindelen treedt vaak massale groei van Pitrus of algenbloei op (Figuur 1).



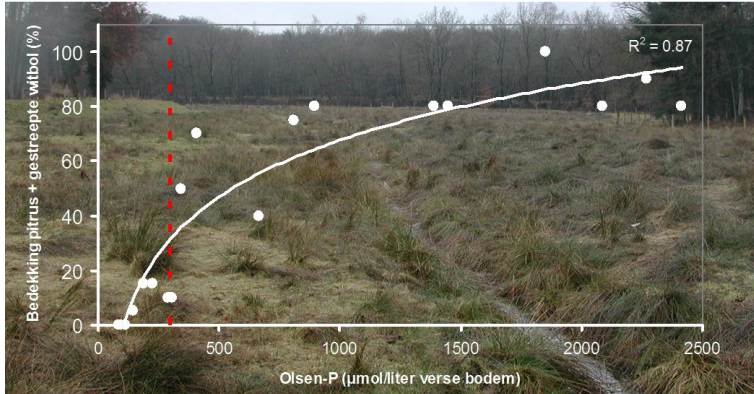
**Figuur 1.** Pitrusontwikkeling en verruiging op (natte) voormalige landbouwgronden na het onvoldoende verwijderen van de fosfaatrijke grond. Foto's: Maarten Veldhuis en Mark van Mullekom.

De kansen op een goede natuurontwikkeling (en het vóórkomen van doelsoorten) op voormalige landbouwgronden, wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van fosfor (P) in de bodem. In dit onderzoek zijn twee fosfaatconcentraties leidend: de totaal-P concentratie (totale hoeveelheid fosfor in de bodem) en de Olsen-P concentratie (de voor planten beschikbare hoeveelheid fosfor). Welke natuurbeheertypen zich kunnen ontwikkelen is echter niet alleen afhankelijk van de fosfaatconcentraties maar ook, onder andere, van de pH en de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater.

Een bruikbare grenswaarde voor P-deficiëntie van bodems is een Olsen-P concentratie van 200-350 micromol P per liter verse bodem (Figuur 2). Deze concentraties worden over het algemeen gemeten in soortenrijke vegetatietypen van voedselarme gronden. De Olsen-P concentraties in de toplaag van landbouwgronden liggen meestal echter ver boven de vereiste niveaus.

Daarnaast zijn de totaal-P concentraties van de bodems van belang. Uit de totale fosfaatvoorraad kan door bodemprocessen weer P vrijkomen in de plantbeschikbare P-fractie. IJzerrijke bodems en kleibodems zijn van nature vaak relatief rijk aan totaal-P. Dergelijke bodems binden namelijk zeer goed fosfaat. Aangezien het fosfaat ook voor een groot deel wordt geïmmobiliseerd, kan op

dit soort bodems de P-beschikbaarheid toch relatief laag blijven. Wel zullen dan veelal wat minder schrale graslandtypen kunnen worden ontwikkeld, zoals Dotterbloemhooilanden, Glanshaverhooilanden en Kamgrasweiden. Voor dit soort vegetatietype kan een Olsen-P grenswaarde worden gehanteerd van  $\pm 500$ - $1000$  micromol per liter verse bodem. Zie tabel 2.1. voor een specificatie per natuurtype.



**Figuur 2.** Relatie tussen de concentratie Olsen-P in de bodem en de bedekking van ruigtesoorten Pitrus en Witbol (Smolders et al., 2008).

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen te ingrijpend of niet te realiseren zijn, kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. ‘Kruidenrijk grasland’ is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. In dit onderzoek wordt gerekend met een indicatieve Olsen-P streefconcentratie van circa (1200-)1500  $\mu\text{mol/l}$ . Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is ( $P\text{-}z < 1$ ). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is.

Als gevolg van het landbouwkundig gebruik is er een overmaat aan nutriënten aanwezig in de bodem. Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af. Voor de fosfaatbeschikbaarheid gaat dit niet op omdat dit in de bodem sterk wordt gebonden. Hiervoor is specifieke verschralling vereist. Het afvoeren van nutriënten via het gewas gaat echter langzaam, omdat slechts een klein deel van de drogestof uit N, P of K bestaat. Verschralling van voormalige landbouwgronden door middel van maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr) duurt veelal tientallen tot honderden jaren. Dit neemt echter niet weg dat het goed kan worden toegepast om, eventueel in combinatie met andere maatregelen, fosfaat af te voeren. Daarnaast voorkomt maaien het ontwikkelen van bomen en struvelen. Een alternatief is uitmijnen (gemiddelde P-afvoer 40 kg/ha/jr): een ‘natuurvriendelijke’ vorm van het voeren van intensieve landbouw met een productieve zode (inclusief stikstof en kalibemesting) of met een grasklavermengsel (inclusief kalibemesting) de P-afvoer worden vergroot. Een mogelijk nadeel van verschrallingsbeheer is dat doorgaans slechts de bovenste 25(-30) cm van de bodem wordt verschraald wat een probleem kan zijn in grondwatergevoede systemen met een relatief dikke (>40 cm) voedselrijke bouwvoor. Door middel van uitmijnen kan fosfaat ongeveer vier keer zo snel aan de bodem worden onttrokken.

Inzet van grazers in weiden en halfopen landschappen voorkomt het dichtgroeien waardoor variatie in het gebied ontstaat. Begrazing van natte terreinen waarin zich Pitrus heeft gevestigd,

lijkt vaak een averechts effect te hebben, omdat de meeste grazers nauwelijks Pitrus eten. Door betreding ontstaan bovendien open plekken in de vegetatie waar Pitrus weer kan kiemen en de dominantie hiervan juist toeneemt. De netto afvoer van nutriënten door middel van begrazen is echter beperkt. Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag daarom in veel gevallen een geschikt alternatief. De ontgrondingsdiepte kan worden bepaald door op verschillende diepten de Olsen-P en totaal-P concentratie te meten. Deze maatregel dient te worden getoetst op de inpasbaarheid in het hydrologische systeem.

Na ontgroning wordt het introduceren van doelsoorten (vers maaisel/plagsel) uit lokale referentiegebieden geadviseerd. Zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich namelijk doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op de vaak sterk ontwaterde en sterk bemeste voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

In grondwatergevoede systemen is de grondwaterinvloed en -kwaliteit van belang. Het grondwater dient globaal van oktober tot april uit te treden aan maaiveld of via capillaire opstijging de wortelzone te bereiken. De periode die nodig is om de basenvoorraad 'op te laden' in de winter is afhankelijk van de basenrijkdom (hardheid) van het water. Tijdens de lichte verdroging in de zomer moet de basenvoorraad namelijk voldoende zijn om een al te grote verzuring door oxidatie te voorkomen.

Indien (her)vernatting van grondwatergevoede systemen plaatsvindt, door maaiveldverlaging of bijvoorbeeld het dempen van ontwateringsloten, is het van belang dat voldoende doorstroming plaatsvindt. Stagnatie van water kan leiden tot het vrijkomen van fosfor en ongewenste verzuuring. Dit wordt versterkt onder sulfaatrijke omstandigheden. Afvoer vindt, indien mogelijk, bij voorkeur plaats via het bestaande reliëf. Daarnaast is het van belang om een natuurlijk peilbeheer te hanteren met wisselende waterstanden. Droogval van de toplaag in de zomermaanden is vaak essentieel voor de immobilisatie van fosfaat en de vegetatieontwikkeling. Het vrijkomen van fosfaat gaat onder natte omstandigheden sneller bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen.



## Bijlage 2. Methode bodemanalyses

De volgende analyses zijn uitgevoerd op het laboratorium van Onderzoekcentrum B-WARE:

### Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door een vast volume van het bodemmateriaal per monster af te wegen in aluminium bakjes en gedurende minimaal 48 uur te drogen in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal terug gewogen en het vochtverlies berekend. Dit alles werd in duplo uitgevoerd. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal per monster, na het drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien van de monsters werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt in dit type bodems goed overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

### Olsenextractie

Het Olsen-extract werd uitgevoerd ter bepaling van de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat. Hiervoor werd 3 gram droog bodemmateriaal met 60 ml Olsen-extract (0,5 M NaHCO<sub>3</sub> bij pH 8,4) gedurende 30 minuten uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. Het extract werd vervolgens geanalyseerd op een ICP\_AES. Uit onderzoek op voormalige landbouwgebieden is gebleken dat een Olsen-P concentratie van 300 µmol per liter bodem als een grenswaarde kan worden beschouwd waarboven een ernstige verzuuring van de vegetatie optreedt op zand- en veenbodems. Met name ijzerrijke kleibodems (> 100 mmol Fe/l FW) binden veel fosfaat. Hierdoor kunnen voor kleibodems en andere ijzer- en/of calciumrijke bodems hogere Olsen-P grenswaarden worden gehanteerd in vergelijking met zand- of veenbodems. Over het algemeen kan op kleiige of (zeer) ijzer- en/of calciumrijke bodems een Olsen-P grenswaarde worden gehanteerd van 500-900 µmol/l FW. Wel zullen dan over het algemeen de wat voedselrijkere natuurdoeltypen tot ontwikkeling komen.

### Zoutextractie

In de zoutextracten (alleen uitgevoerd op een selectie van bodems) werd eerst de pH van de bodem bepaald. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2M NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat dat gemeten werd op de ICP word aangezuurd en opgeslagen voor analyse. Vervolgens werd de hoeveelheid NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Al en Ca bepaald, alsmede de hoeveelheid P en kationen, gemeten in het extract op de ICP en Autoanalyser. Bij een zoutextractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. De aluminium/calcium-ratio geeft een goede indicatie van de buffercapaciteit van de bodem. De P-z concentraties is een goede maat voor de concentratie labiel gebonden fosfaat.

### Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het bodemmateriaal te bepalen. Dit werd uitgevoerd door het bodemmateriaal na het drogen op 60 °C te vermalen. Van het bodemmateriaal werd per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO<sub>3</sub>, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%) toegevoegd en de

vatjes werden geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werden de monsters overgegoten in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml door toevoeging van milli-Q water. Analyse vond plaats op de Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-AES; Thermo Electron Corporation, IRIS Intrepid II XDL).

#### Standaardmetingen waterwatermonsters

De pH van het grondwater werd gemeten met een standaard Ag/AgCl<sub>2</sub> elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO<sub>2</sub> en HCO<sub>3</sub>) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit van het watermonster werd bepaald door een deel van het monster te titreren met 0,01 M zoutzuuroplossing tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV probe verbonden met een HQD-meter. De monsters voor de Autoanalyser werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de elementenanalyse. De monsters voor de ICP werden aangezuurd voor analyse.

#### Elementenanalyse (ICP en Autoanalyzers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in watermonsters en bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, IRIS Intrepid II XDL). Tevens werden de zware metalen gemeten (Arseen, Cadmium, Kobalt, Chroom, Koper, Kwik, Molybdeen, Nikkel, Lood, Boor en Strontium). De concentraties nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van resp. salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl<sup>-</sup>) en fosfaat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. De hoeveelheid ortho-fosfaat in watermonsters (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) is de hoeveelheid opgelost fosfaat. De totaal-P concentratie ligt vaak hoger omdat hier ook niet opgelost fosfor wordt gemeten dat bijvoorbeeld geadsorbeerd is aan organische stoffen (humuszuren) of zeer kleine colloïdale deeltjes (<0,2 µm). Natrium (Na<sup>+</sup>) en kalium (K<sup>+</sup>) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.



## Bijlage 3. Boorprofielen

Voor boorlocaties, zie Figuur 2.2.

1			2		
Nr	Nat perceel, omringd door berk,		Nr	Nat perceel, omringd door berk, eik, grove den, els. Venlaagte,	
Omschrijving	eik, grove den, els		Omschrijving	opgebrachte kop	
Coördinaten	218155	475975	Coördinaten	218174	475968
GHG	25		GHG	25	
GLG	120		GLG	120	
pH	6		pH	5,5	
EGV	730		EGV	598	
Bodemtype	Actueel vlakvaag, historisch broekeernd		Bodemtype	Actueel vlakvaag, historisch broekeernd	
Diepte	Horizont	Opmerkingen	Watertype		
0-50	1AApg	opgebracht zwak	Monsters	0-20	Opgebrachte laag
50-80	2Ahb/Cg	lemig		45-55	Fossiele maaiveld
80-100	Ahb/Cer	lemig, fijn zand		55-65	"
100-120	Cer		Diepte	Horizont	Opmerkingen
120-	Cr		0-45	AAp/Cg	opgebracht
			45-70	2Ah/Cer	lemig
			70-120	Cer	
			120-	Cr	
3			4		
Nr	Nat perceel, omringd door berk,		Nr	Nat perceel	
Omschrijving	eik, grove den, els.		Omschrijving	Nat perceel	
Coördinaten	218143	475965	Coördinaten	218146	475933
GHG	0		GHG	40	
GLG	120		GLG	150	
pH	6,5		pH	5	
EGV	830		EGV	68	
Bodemtype	Actueel vlakvaag, historisch beekeerd		Bodemtype	beekeerd	
Watertype			Watertype	regenwater	
Monsters	0-20		Monsters	0-20	
	30-40			30-40	
	40-50			40-50	
Diepte	Horizont	Opmerkingen	Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-40	Apg	geploegd	0-30	Ap/Cg	opgebracht
40-55	A/Cg	geploegd tot 50 cm	30-60	Cg1	dekzand
55-85	Ce		60-80	Cg2	fluvioperiglaciaal
85-120	Cr		80-100	Cg3	dekzand
			100-150	Cer	
			150-160	Cr	

Nr	5	
Omschrijving	Laagte in ZW nat perceel, verbonden met rabattenbos	
Coördinaten	218124	475888
GHG	25	
GLG	160	
pH	5	
EGV	152	
Bodemtype	beekeerd	
Watertype		
Monsters	0-20	
	30-40	
	40-50	
Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-25	Apg	
25-40	Ah/Cg	
40-80	Cg	
80-110	Cgr	
110-150	Cer	

Nr	7	
Omschrijving	Maïspanceel omringd door berken en gagel, zeer nat. Hogere deel aan wegkant	
Coördinaten	217874	475805
GHG	60	
GLG	140	
pH	5	
EGV	127	
Bodemtype	beekeerd	
Watertype		
Monsters	15-25	
	25-35	
	50-60	
Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-25	Ap	
25-70	Cg	
70-140	Cer	
140-160	Cr	

Nr	6	
Omschrijving	Rabattenbos met Wilde gagel, boven op een wal. Oorspronkelijk een venlaagte. Potentiële veenmosrijke natte heide.	
Coördinaten	218046	475925
GHG	0	
GLG	90	
pH	5	
EGV	203	
Bodemtype	Actueel vlakvaag, historisch gooreerd	
Watertype		
Monsters	50-60	fossiel maaiveld
Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-10	Ah	opgebracht
10-50	Cg	opgebracht
50-70	Ahb	fossiel maaiveld
70-90	Ahg	
90-120	Cr	

Nr	8	
Omschrijving	Maïspanceel omringd door berken en gagel, zeer nat. Lagere deel bij sloot (0,5 m diep)	
Coördinaten	217926	475814
GHG	25	
GLG	120	
pH	5,5	
EGV	135	
Bodemtype	beekeerd	
Watertype		
Monsters	20-40	
	40-50	
	60-70	
Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-40	Ap	
40-70	Cg	
70-120	Cer	
120-	Cr	

<b>Nr</b>	<b>9</b>		<b>Nr</b>	<b>10</b>	
Omschrijving			Omschrijving	Smalle grasland westen. Potentieel droog schraalland.	
Coördinaten	217934	475756	Coördinaten	217739	475983
GHG	25		GHG	80 (historisch 40)	
GLG	120		GLG	>250	
pH	niet meetbaar		pH	droog	
EGV	niet meetbaar		EGV	droog	
Bodemtype	beekeerd		Bodemtype	veldpodzol	
Watertype			Watertype		
Monsters	25-35		Monsters	0-20	
	35-45			20-30	
	45-55			30-40	
Diepte	Horizont	Opmerkingen	Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-35	Ap		0-30	Ap	
35-55	Cg		30-80	Bc	
55-110	Cgr		80-120	Cgr	fossiel
110-120	Cer		120-200	Cg	
120-	Cr		200-250	Cgr	
<b>Nr</b>	<b>11</b>		<b>Nr</b>	<b>12</b>	
Omschrijving	Smalle grasland westen. Opgevlude laagte, begraven veldpodzol. Pijpenstrootje in rand. Kansrijk!		Omschrijving	Smalle grasland westen. Potentieel droog schraalland. Stekelbrem, Sint-Janskruid, Duizendblad, Schapenzuring, Struikhei, Pilzegge, Biggenkruid	
Coördinaten	217734	476029	Coördinaten	217733	476049
GHG	50		GHG	40	
GLG	Niet verder geboord tot GLG, liep uit de boor		GLG	diep	
pH	4,5		pH	droog	
EGV	207		EGV	droog	
Bodemtype	veldpodzol		Bodemtype	veldpodzol	
Watertype			Watertype		
Monsters	0-10	opgebrachte laag	Monsters	0-20	
	70-80	fossiele maaiveld		20-30	
	80-90	"		30-40	
Diepte	Horizont	Opmerkingen	Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-20	Aap	opgebracht	0-30	Ap	
20-70	AAp/Cg	opgebracht	30-90	A/Cg	
70-100	Ahb/AAp/C		90-120	Cg	
100-110	Bh				
110-150	Bc				

<b>Nr</b>	<b>13</b>		<b>Nr</b>	<b>14</b>	
Omschrijving	Grote veld, slenk		Omschrijving	Grote veld, kop westen	
Coördinaten	217897	476251	Coördinaten	217901	476327
GHG	0		GHG	40	
GLG	130		GLG	170	
pH	5		pH	5	
EGV	284		EGV	222	
Bodemtype	beekeerd		Bodemtype	gooreerd	
Watertype			Watertype		
Monsters	15-25		Monsters	0-20	
	25-35			30-40	
	35-45			40-50	
Diepte	Horizont	Opmerkingen	Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-25	Ap		0-30	Ap	gediepploegd
25-80	Cg		30-100	Ah/Cg	gediepploegd
80-130	Cer		100-170	Cgr	
<b>Nr</b>	<b>15</b>		<b>Nr</b>	<b>16</b>	
	Grote veld, opgevulde laagte (zie 11), grond is vanuit koppen in laagtes geschoven		Omschrijving	Grote veld, onthoofde veldpodzol (kop)	
Coördinaten	217906	476432	Coördinaten	217933	476490
GHG	40		GHG	40	
GLG	130		GLG	130	
pH	6,5		pH	5	
EGV	365		EGV	68	
Bodemtype	gooreerd		Bodemtype	veldpodzol	
Watertype			Watertype		
Monsters	0-20		Monsters	0-20	
	70-80			20-30	
	80-90			30-40	
Diepte	Horizont	Opmerkingen	Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-30	Aap	opgebracht	0-25	Ap	vergraven
30-70	AA/Cg	opgebracht	25-70	Bh/Ce	vergraven
70-130	Ah/Cer	gediepploegd	70-130	Ce	
130-250	Cr		130-150	Cr	

Nr	17	
Omschrijving	Grote veld, slenk. Heel fijn zand onderin	
Coördinaten	217946	476510
GHG	25	
GLG	110	
pH	5	
EGV	190	
Bodemtype	veldpodzol	
Watertype		
Monsters	20-30	
	30-40	
	40-50	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-30	Ap	
30-50	Bh	verkit
50-80	BC	
80-110	Cer	
110-120	Cr	

Nr	19	
Omschrijving	Grote veld, kop	
Coördinaten	218051	476378
GHG	40	
GLG	110	
pH	5	
EGV	46	
Bodemtype	veldpodzol	
Watertype	regenwater	
Monsters	0-20	
	20-30	
	30-40	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-30	Ap	
30-50	Bh	
50-80	BC	
80-110	Cer	
110-130	Cr	

Nr	18	
Omschrijving	Grote veld, slenk. Net als 17 heel fijn zand onderin. Onduidelijk profiel: ws wordt ijzer uit omliggende podzolen in laterale GW-stromen opgenomen in de slenken. Daardoor kleurt gooreerd op als veldpodzol	
Coördinaten	218051	476437
GHG	25	
GLG	130	
pH	5	
EGV	230	
Bodemtype	gooreerd/veldpodzol	
Watertype		
Monsters	20-30	
	30-40	
	40-50	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-30	Ap	
30-45	Ce	
45-80	Cg	
80-130	Cer	
130-	Cr	

Nr	20	
Omschrijving	Grote veld, kop bij kruising sloot	
Coördinaten	217996	476317
GHG	40	
GLG	160	
pH	5	
EGV	843	
Bodemtype	gooreerd	
Watertype	beïnvloed door landbouw	
Monsters	0-20	
	25-35	
	35-45	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-35	Ap	
35-120	C(g)	tussen 30-40 fossiele roest
120-160	Cer	
160-	Cr	

<b>Nr</b>	<b>21</b>	
Omschrijving	Grote veld, slenk	
Coördinaten	217989	476254
GHG	0	
GLG	120	
pH	5	
EGV	235	
Bodemtype	gooreerd	
Watertype		
Monsters	0-20	
	20-35	
	35-45	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-35	Ap	
35-40	Ce	
40-80	Cg	
80-120	Cer	
120-	Cr	

<b>Nr</b>	<b>23</b>	
Omschrijving	Veldje ten zuiden van jachtbosje	
Coördinaten	218027	476180
GHG	0	
GLG	120	
pH	5	
EGV	120	
Bodemtype	beekeerd	
Watertype		
Monsters	0-20	
	30-40	
	40-50	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-30	Ap/Cg	
30-65	Cg	
65-100	Ce	
100-120	Cr	

<b>Nr</b>	<b>22</b>	
Omschrijving	Jachtbosje, stobbenrillen, voormalig productiebos, ca 10 jaar oud. Niet geploegd, verdroogd	
Coördinaten	218039	476221
GHG	0	
GLG	120	
pH	4,5	
EGV	267	
Bodemtype	gooreerd	
Watertype		
Monsters	0-20	
	30-40	
	40-50	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-20	Ah	
20-40	Ah/Cg	
40-60	AC	
60-100	Ce	
100-120	Cer	
120-	Cr	

<b>Nr</b>	<b>24</b>	
Omschrijving	veld met fijnsparren en rododendrons	
Coördinaten	218103	476115
GHG	40	
GLG	140	
pH	4,5	
EGV	55	
Bodemtype	veldpodzol	
Watertype	regenwater	
Monsters	0-20	
	20-30	
	30-40	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-15	Aap	opgebracht
15-35	Ap	
35-85	BC	
85-110	Ce	
110-140	Cer	
140-160	Cr	

<b>Nr</b>	<b>25</b>	
Omschrijving	Slenk ten oosten van jachtbosje	
Coördinaten	218145	476191
GHG	40	
GLG	140	
pH	4,5	
EGV	35	
Bodemtype	beekeerd	
Watertype		
Monsters	35-45	
	45-55	
	55-65	

Diepte	Horizont	Opmerkingen
0-35	Aap	opgebracht
35-55	Ahb/Cg	fossiel maaiveld
55-65	Cg1	fossiel
65-80	Cg2	
80-140	Cer	
140-160	Cr	





## Bijlage 4: Grondwaterkwaliteit

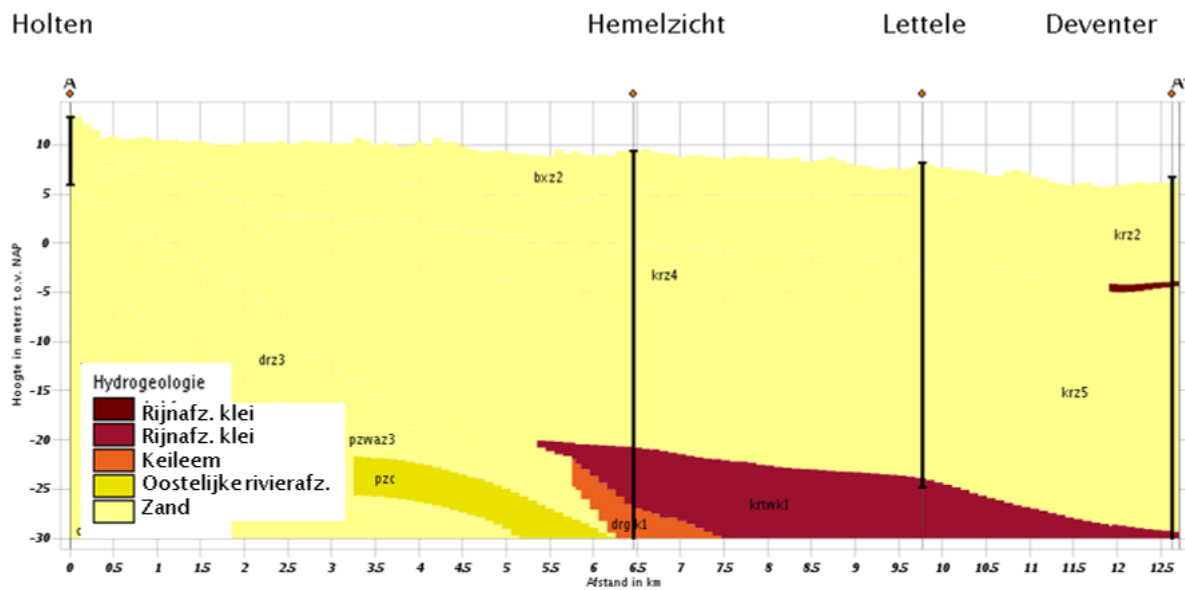
*Tabel 1. Overzicht van de freatische grondwaterkwaliteit. De alkaliniteit is uitgedrukt in meq/l. EGv (electrisch geleidingsvermogen in  $\mu\text{S/cm}$ ). De totaalconcentraties van de overige parameters, met uitzondering van de pH, in  $\mu\text{mol/l}$ .*

Nr	pH	Alk	EGV	CO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Al	Ca	Fe	Mg	P	S	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>
3	7,0	13,3	1144	2760	12736	5	3121	2007	963	3,3	139	2	1252	1028	248	534
6	6,5	4,9	222	1788	2336	23	623	137	106	0,3	89	2	1	492	13	630
13	6,1	1,4	237	3296	1648	106	566	19	333	2,7	279	315	7	669	63	119
15	7,2	11,9	1076	2028	12193	2	3810	689	649	0,0	29	2	271	305	499	261
25	6,2	1,0	146	2098	1327	83	385	28	160	2,9	244	3	21	446	84	53



## Bijlage 5: Geologie van het gebied

De Rijn zorgde in het verleden voor afzettingen van klei en kalkhoudend materiaal, ook in het plangebied. Ze zijn zichtbaar op de geologische doorsnede van Holten naar Deventer op een diepte van ca. 20 meter onder NAP (Figuur 1). De kleiafzettingen zijn afgezet door een dik zandpakket van onder andere de formatie van Kreftenheye (krz4), gekenmerkt door leemhoudend zand (Busschers en Weerts, 2003). Deze ligt op ca. 5 tot 10 meter onder maaiveld (niet te zien op de doorsnede). Belangrijk hieraan is dat het leemhoudende zand een invloed heeft op het grondwater: dat wordt hierdoor ‘aangerijkt’ met basen en ijzer.



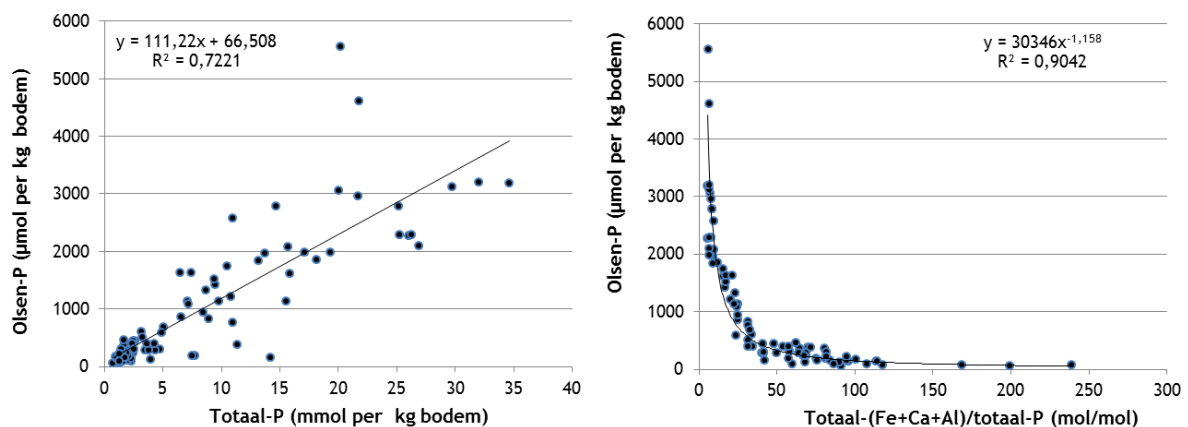
**Figuur 1:** Geomorfoloogische doorsnede van Holten, via Hemelzicht naar Deventer (bron: REGIS II DINO-loket). In de zandlaag boven de Rijnafzettingen (rood) ligt een zandpakket met onder andere de leemhoudende en kalkhoudende formatie van Kreftenheye op 5 à 10 meter diepte.



## Bijlage 6: Bodemkwaliteit

In Figuur 1 (links) worden de Olsen-P en totaal-P concentraties van de bodems tegen elkaar uitgezet. De spreiding is relatief groot wat duidt op een grote variatie in de beschikbare fosfaatfractie. Dit kan worden veroorzaakt door het verschil in grondgebruik (bemestingsintensiteit), bodemtype en door het verschil in bodemchemie (sterke variatie in ijzer- of calciumconcentraties).

De mate waarin fosfaat beschikbaar is voor planten (Olsen-P concentratie) wordt echter niet alleen bepaald door de totaal-P concentratie van de bodem. Het fosfor kan aan ijzer gebonden zijn in de bodem, maar ook aan calcium of aluminium. Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  (onder anaërobe condities) en  $\text{FePO}_4$  onder aërobe condities. Voor de P-immobiliserende werking van calcium is de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen verantwoordelijk. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook lutum (aluminium is indicatief voor het lutumpercentage) is een sterke P-binder. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium (hoge totaal (Fe+Ca+Al)/totaal-P ratio) blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag. Dit proces wordt versterkt op locaties waar sprake is van ijzer- en calciumrijk kwelwater.



**Figuur 1:** Correlatie tussen de Olsen-P en de totaal-P concentratie (links) en de Olsen-P concentratie en de totaal (ijzer+calcium+aluminium)/totaal-P ratio van de bodems uit Landgoed Hemelzicht

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Bij bodem pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering. Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen. De aluminium- en calciumconcentraties in het zoutextract geven dan ook een beeld van de buffercapaciteit van de bodem.

De variatie in bodemchemie heeft consequenties voor de natuurontwikkelingsmogelijkheden. Primair is het een vereiste om, voor de ontwikkeling van onder andere soortenrijke heide en

schraallanden P-gelimiteerde omstandigheden te creëren. Qua natuurpotenties is het daarnaast relevant om enkele overige parameters kritisch te bestuderen. De totaal-calciumconcentratie is, net als de concentratie uitwisselbaar calcium (Ca-zout), een indicatieve parameter voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem. Deze parameters zijn in grote mate bepalend voor de natuurdoeltypen die tot ontwikkeling kunnen komen.

De grondsoort en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn met name relevant met het oog op de potentiële natuurbeheertypen. Bodems met een totaal-Ca concentratie van >20 mmol/l en een Ca-NaCl concentratie van meer dan 4000-5000  $\mu\text{mol/l}$  zijn over het algemeen voldoende gebufferd. Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide of hoogveen voor de hand (Ca-t < 10 mmol/l en Ca-z < 3000/4000  $\mu\text{mol/l}$ ). Op matig calciumhoudende bodems (Ca-tot < 20 mmol/l en Ca-z 3000/4000-8000  $\mu\text{mol/l}$ ) ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland of kleine zeggenvegetaties (eventueel blauwgrasland onder invloed van (zwak) gebufferd grondwater) voor de hand. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: 8000-25000  $\mu\text{mol/l}$ ) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldrusschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk gebufferde bodems (Ca-z: > 20000-50000  $\mu\text{mol/l}$ ) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

Bij grondwatergevoede systemen speelt daarnaast de grondwaterinvloed (aanlevering bufferstoffen) en de grondwaterkwaliteit (o.a. de mate van buffering) een belangrijke rol. Invloed van gebufferd grondwater (oktober-november t/m maart-april) is nodig voor de aanlevering van buffering. De vorming van regenwaterlenzen dient te worden voorkomen. De buffering van de bodem daalt over het algemeen sterk bij totaal-calciumconcentraties lager dan 20 mmol/l verse bodem.

Per monsterlocatie zijn in een tabel de belangrijkste abiotische factoren kort toegelicht. Hierin zijn onder andere de fosfaatconcentraties opgenomen (Olsen-P en totaal-P). Op basis van de verhouding tussen de Olsen-P en P-totaal concentratie (beschikbare P-fractie) is een P-totaal streefconcentratie berekend (deze varieert op basis van de P-beschikbaarheid die beïnvloed wordt door o.a. de lemigheid, ijzer- en calciumconcentraties van de bodem). Op basis van het verschil tussen de streefconcentratie en de actuele totaal-P concentratie is per bemonsterde laag een verschringsduur berekend bij traditioneel beheer van maaien en afvoeren (P-afvoer: 10 kg/ha/jr).

In tabel 1 worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek gegeven. Voor de beoogde natuurdoeltypen in dit onderzoek wordt gerekend met een Olsen-P streefconcentratie van 300 (heide, vochtig schraalland) en 500 (vochtig schraalland/hooiland op ijzerrijke locaties)  $\mu\text{mol}$  per liter bodem. Dit zijn natuurbeheertypen die passen bij een hoog ambitieniveau. Wanneer het ambitieniveau lager is (of bijgesteld dient te worden), kan eventueel worden ingezet op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland. Dit is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk toenemen wanneer niet (meer) wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is (P-z < 1). In Bijlage 7 zijn de gewenste/vereiste maatregelen per locatie nader toegelicht.

Deze indicatieve arceringen in tabel 1 horen bij de volgende klassen:

org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	Maaien en afvoeren (jaren)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	0	voldoende P-arm
<5	<150	<10	<4000	<40	<10	kansrijk voor verschraling door middel van maaien en afvoeren
6-10	151-250	11-20	4001-8000	41-100	11-40	matig kansrijk voor verschraling door middel van maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	101-250	41-80	kansrijk voor verschraling door middel van uitmijnen
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling door middel van uitmijnen
>50	>750	51-100	25001-40000	501-1000	201-400	ongeschikt voor verschraling I
		>100	>40000	>1000	>400	ongeschikt voor verschraling II

**Tabel 1. Overzicht van de grondsoort (Bijlage 2), algemene horizont (HZT), actuele grondwaterstand (GWS; 8-9 december 2015 in cm-mv), gemiddeld laagste (GLG) en hoogste (GHG) grondwaterstand indien waarneembaar in het boorprofiel en bodemchemie per monsterlocatie. OS = percentage organische stof (gloeiverlies); V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in µmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem; -z = concentratie en pH in een zoutextractie (NaCl). M3 en M5 = indicatieve verschralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 (M3) en 500 (M5) µmol/l (totaal-P ondergrens 3 mmol/l).**

Nr	GWS	GHG	GLG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	pH-z	BV	P-z	NO3	NH4	M3	M5
2	50	100	15	10-30	Zand, opg.	Ap	4	19	1,3	1064	11,4	117	15	226	7	12	8								51	38
				30-45	Zand, lemig, oud mv	Axxc	3	16	1,1	879	12,6	92	10	297	4	8	6	580	5329	4,3	80	0,0	507	76	39	26
				45-55	Zand, lemig, oud mv	Axxc	4	18	1,3	486	14,7	125	20	886	7	12	4								18	0
				55-65	Zand, sterk siltig	Cr	1	16	1,4	174	5,6	102	15	268	9	15	3	66	4954	4,8	46	0,3	6	1512	0	0
3	35	70	10	10-30	Zand, sterk siltig, bv	Ap	3	15	1,2	1453	13,1	108	14	145	4	9	6								63	54
				30-45	Zand, sterk siltig	Axx	2	15	1,3	380	6,2	110	16	294	8	12	5	137	6875	4,6	85	0,3	32	1909	6	0
				45-55	Zand, sterk siltig	Axx	4	20	1,3	245	10,1	134	24	662	7	11	5								0	0
				55-65	Zand, sterk siltig	Cx	0	16	1,5	125	3,4	102	20	86	10	18	2	52	7884	5,4	83	0,7	1	2584	0	0
4	70	110	40	0-20	Zand, kleilig, bv	Ap	2	15	1,3	2536	17,7	99	9	48	3	7	5								92	89
				30-40	Zand, min. inspoeling	Bc	1	11	1,5	340	3,7	152	9	95	4	13	2	117	2337	5,0	94	0,8	33	19	1	0
				40-50	Zand, min. inspoeling	Bc	1	12	1,5	156	3,2	135	9	152	5	13	0	108	2852	5,1	96	0,5	56	15	0	0
5	60	110	30	0-20	Zand, sterk siltig, bv	Ap	3	15	1,3	1492	20,5	78	11	391	6	10	5								102	85
				30-45	Zand, sterk siltig, vermengd	Axx	2	13	1,4	251	10,5	99	16	489	6	10	2								0	0
				45-55	Zand, intact	C	1	14	1,5	225	21,3	94	20	782	10	15	1	26	6309	5,3	99	0,0	33	1	0	0
6	60	90	20	40-50	Zand, sterk siltig	-	2	19	1,4	103	1,6	141	23	100	4	14	2								0	0
				50-60	Zand, sterk siltig	-	3	20	1,4	101	1,8	227	43	157	5	17	4	108	14704	5,1	99	0,5	10	7	0	0
				60-70	Zand, kleilig	C	1	16	1,5	87	2,0	108	24	49	8	17	1								0	0
7	70	-	50	15-25	Zand, bv	Ap	3	14	1,3	4218	46,0	174	26	43	8	13	6								133	127
				25-35	Zand, intact	Bc	1	11	1,4	329	3,2	158	13	41	10	18	0	164	3821	5,6	95	1,4	255	8	1	0
				50-60	Zand, intact	Bc	1	11	1,5	175	2,2	150	10	35	9	17	0	50	3038	5,6	98	0,8	492	1	0	0
8	60	-	30	20-35	Zand, sterk siltig, bv	Ap	2	18	1,4	3151	36,2	132	33	41	7	14	6								154	143
				35-45	Zand, sterk siltig, intact	C	0	13	1,5	428	2,9	84	11	23	6	11	0	17	3009	6,0	99	60,0	509	4	0	0
				60-70	Zand, sterk siltig, intact	C	0	14	1,6	91	1,1	156	16	54	13	20	0								0	0
9	50	-	20	25-35	Zand, sterk siltig, bv	Ap	3	19	1,4	3116	35,9	156	39	95	8	16	7								101	94
				35-45	Zand, kleilig	C	1	14	1,5	1955	12,8	205	29	63	11	22	1								31	30
				45-55	Zand, kleilig	C	1	14	1,5	906	4,8	109	20	34	7	15	0	14	6004	6,1	100	51,0	41	9	6	6
10	-	-	120	0-20	Zand, bv	Ap	3	11	1,2	1402	8,9	163	6	52	7	11	4								37	36
				20-30	Zand, vrij intact	Bc	1	7	1,3	179	3,0	222	6	65	8	13	1	632	297	4,6	50	1,0	39	18	0	0
				30-40	Zand, vrij intact	Bc	1	6	1,3	86	1,8	153	7	49	6	12	0								0	0





## Bijlage 7: Maatregel per locatie



- **17/28** (laagte): De met fosfaat verrijkte toplaag (inclusief uitspoelingslaag) van 40 cm afgraven en op de zwak calciumhoudende bodem een vochtige heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking van 2000 kg Dolokal/ha) mogelijk heischraalgrasland ontwikkelen.
- **16** (kop): Deze kop in stand houden en door middel van maaien en afvoeren ontwikkelen tot kruiden- en faunarijk grasland (evenals de rug ten noorden van locatie 17 en 28).
- **15** (laagte): De bodem is sterk geroerd (dichtgeschoven laagte) en relatief P-arm vanaf 70-cm-mv. Daar de bodem op die diepte zeer rijk is aan calcium en ijzer, is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland of een ven. Tussen 20 en 70 cm-mv zijn geen analyses uitgevoerd. Wanneer wordt besloten minder dan 70 cm af te graven, dan is het van belang om in elk geval de humeuze bodem uit te lepelen. De humusarme (<1% organische stof) bodem is zeer waarschijnlijk geschikt voor de ontwikkeling van natte soortenrijke natuur. Het grondwater is sterk gebufferd (pH 7,2, alkaliniteit 11,9 meq/l en 3810  $\mu\text{mol/l}$  calcium), ijzerrijk (689  $\mu\text{mol/l}$ ) en arm aan fosfor en sulfaat en daarmee geschikt voor de beoogde ontwikkeling.
- **27/18** (laagte): De met fosfaat verrijkte toplaag (inclusief uitspoelingslaag) van 45 (loc. 27) - 30 (loc. 18) cm afgraven en op de zwak-matig calciumhoudende bodem een vochtige heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking van 2000 kg Dolokal/ha op locatie 18) mogelijk heischraalgrasland ontwikkelen.
- **14/19/20/26** (kop): Deze rug in stand houden en door middel van maaien en afvoeren ontwikkelen tot kruiden- en faunarijk grasland.

- **13/21** (laagte): De met fosfaat verrijkte toplaag (inclusief uitspoelingslaag op locatie 13) van 35 cm afgraven en op de zwak calciumhoudende bodem een vochtige heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking van 2000 kg Dolokal/ha) mogelijk heischraalgrasland ontwikkelen. Het grondwater is matig gebufferd (pH 6,1, alkaliniteit 1,4 meq/l en 566  $\mu\text{mol/l}$  calcium), ijzerarm (19  $\mu\text{mol/l}$ ) en zwak fosfor- en sulfaathoudend en daarmee geschikt voor de beoogde ontwikkeling. De hoogte ten zuiden van locatie 13 blijft gehandhaafd.
- **22** (laagte-bos): De (matig) met fosfaat verrijkte humeuze, kleiige toplaag van 40 cm afgraven en op de calciumarme bodem een vochtige heide ontwikkelen.
- **23** (laagte): De (matig) met fosfaat verrijkte toplaag van 30 (minimaal) tot 40 (inclusief uitspoelingslaag, optimaal) cm afgraven en op de calciumarme bodem een vochtige heide ontwikkelen.
- **25** (laagte): De zwak calciumhoudende tot calciumarme toplaag is reeds voldoende P-arm (Olsen-P 371  $\mu\text{mol/l}$  en totaal-P 2,3 mmol/l). Voor de ontwikkeling van vochtige heide wordt geadviseerd de dichte zode te verwijderen (plaggen) en plagsel/maaisel van een vochtige heide op te brengen (Figuur 6.2; zie ook 'aanvullende inrichtingsmaatregelen').
- **24** (kop): De bouwvoor van 25 cm is sterk verrijkt met fosfaat. Er zijn 2 ontwikkelingsmogelijkheden: via maaien en afvoeren een kruidenrijk grasland ontwikkelen of 25 cm afgraven en een droge heide ontwikkelen (voorkeur).
- **2/3/5** (laagte): In deze matig calciumhoudende maar zeer ijzerrijke laagte wordt geadviseerd de (matig) met fosfaat verrijkte toplaag van 30 (locatie 5) tot 45 (locatie 2 en 3) cm af te graven en een heischraal grasland of blauwgrasland te ontwikkelen. Het grondwater is sterk gebufferd (pH 7,0, alkaliniteit 13,3 meq/l en 3121  $\mu\text{mol/l}$  calcium), zeer ijzerrijk (2007  $\mu\text{mol/l}$ ) en relatief arm aan fosfor en sulfaat en daarmee geschikt voor de beoogde ontwikkeling.
- **4** (kop): Op deze calciumarme locaties is de bouwvoor van 20 cm sterk verrijkt met fosfaat. Er zijn 2 ontwikkelingsmogelijkheden: via maaien en afvoeren een kruidenrijk grasland ontwikkelen of 20 cm afgraven en een vochtige heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking van 2000 kg Dolokal/ha) mogelijk heischraalgrasland ontwikkelen.
- **6** (laagte-bos): De (matig) calciumhoudende bodem is vanaf 40 cm-mv fosfaatarm en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Het grondwater is gebufferd (pH 6,5, alkaliniteit 4,9 meq/l en 623  $\mu\text{mol/l}$  calcium), ijzerrijk (137  $\mu\text{mol/l}$ ) en fosfor- en sulfaatarm en daarmee geschikt voor de beoogde ontwikkeling.
- **7/8** (laagte): De sterk met fosfaat verrijkte toplaag van 35 cm (inclusief uitspoelingslaag op locatie 7) afgraven en op de calciumarme bodem een vochtige heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking van 2000 kg Dolokal/ha) mogelijk heischraalgrasland ontwikkelen.
- **9** (laagte): De bodem is tot 20 cm onder de bouwvoor van 35 cm verrijkt met fosfaat waardoor wordt geadviseerd om de toplaag droog te houden (verruiging voorkomen) en in te zetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland.
- **10/11/12**: Deze doorgang in stand houden en door middel van maaien en afvoeren ontwikkelen tot kruiden- en faunarijk grasland.