

Fosfaatonderzoek PAS Buurserzand-Haaksbergerveen



Eindrapport

Titel rapport:
Fosfaatonderzoek PAS Buurserzand-Haaksbergerveen

Auteurs:
Mark van Mullekom & Fons Smolders

Opdrachtgever:
Gemeente Haaksbergen

Rapportnummer: RP-16.120.16.57



Contactgegevens:

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

Contactpersoon:
Mark van Mullekom
Tel: 024-2122204
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2017.

Inhoudsopgave

1. Aanleiding en doel van het onderzoek	7
1.1. Aanleiding	7
1.2. Doel van het onderzoek	8
2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden	11
3. Veldwerkzaamheden en analyses	15
3.1. Veldwerkzaamheden	15
3.2. Analyses	19
4. Natuurontwikkelingsmogelijkheden	21
4.1. Algemene bodemchemie en trends in de diepte	21
4.2. Natuurpotenties van de voormalige landbouwgronden	24
4.3. Aanvullende inrichtingsmaatregelen	39
5. Literatuur	43
Bijlage 1. Bodemprofielbeschrijvingen monsterlocaties	45

1. Aanleiding en doel van het onderzoek

1.1. Aanleiding

In het kader van de externe PAS maatregelen voor Natura 2000 gebieden Buurserzand & Haaksbergerveen en Witteveen zijn in de PAS Gebiedsanalyse percelen aangewezen die nodig zijn voor vernatting, verwerving en/of inrichting om de duurzame staat van instandhouding van aanwezige habitattypen binnen de Natura 2000 gebieden te waarborgen. Voor een deel van deze percelen is omvorming naar natuur een mogelijkheid, op andere percelen zal (al dan niet beperkt) landbouwkundig gebruik voortgezet kunnen worden.

Om de maatregelen in overleg met alle grondeigenaren en gebiedspartijen uit te voeren is een gebiedsproces gestart. Gemeente Haaksbergen is bestuurlijk trekker van dit gebiedsproces. Zij heeft een deskundigenteam samengesteld, dat de maatregelen concretiseert op perceelniveau en de bijdrage aan de PAS doelen onderzoekt. Daarnaast wordt nadrukkelijk gekeken naar de consequenties voor het toekomstige grondgebruik. Ook brengt het deskundigenteam de uitbreidingspotenties van habitats in beeld. Voor hun opdracht bezoekt het deskundigenteam de eigenaren van de aangewezen percelen om de mogelijkheden en het toekomstbeeld per eigenaar in beeld te kunnen brengen. Om een helder beeld van de toekomst te verkrijgen is het soms nodig om niet alleen de hydrologische consequenties in beeld te brengen, maar ook de toekomstige (grondwater)kwaliteit.

Belangrijk hierbij is:

1. De termijn waarin de peilverhoging, en dus vernatting, gerealiseerd moet worden (PAS fase 1 of PAS fase 2) bepaalt deels de mogelijkheid voor uitmijnen;
2. De fosfaatbijdrage van een perceel aan het grondwater bij een bestaand habitatype is een andere factor die bepaalt of volstaan kan worden met uitmijnen of ander landbouwkundig gebruik;
3. De potentiële ontwikkeling van vegetaties behorende bij de beoogde habitattypen.

Onderzoekcentrum B-WARE heeft een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd in enkele agrarisch gebruikte percelen ten noorden van het Haaksbergerveen (Smit-Nijhuis; figuur 1.1 en figuur 1.2) met een oppervlakte van circa 23 hectare. De bodem is onderzocht op de aanwezigheid van fosfaat en fosfaatgerelateerde stoffen met als doel zicht te krijgen op de optimaal toekomstige inrichting en het gewenste beheer (afgraven of uitmijnen). Door middel van het bodemchemisch onderzoek zijn kansrijke plekken, knelpunten en oplossingsrichtingen in kaart gebracht. Daarnaast werd vastgesteld welke natuurtypen tot ontwikkeling kunnen komen.

Naast de bodemchemie en het bodemtype zijn ook de waterkwaliteit en (variatie in) waterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken geen onderdeel uit van dit bodemchemisch onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de fosfaattoestand en de kansrijkdom qua bodemchemie. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem, zeker wanneer het onderzoeksgebied grenst aan een bestaand

natuurterrein. De hoogteligging en bodemopbouw spelen hierbij een belangrijke rol. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van dit bodemonderzoek. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Wel vormen de resultaten van dit bodemchemische onderzoek een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.



Figuur 1.1. Overzicht van de globale ligging van het rood omlinjde onderzoeksgebied.

1.2. Doel van het onderzoek

Door middel van het bodemchemisch onderzoek zijn de potenties van de (voormalige) landbouwgronden in kaart gebracht. De volgende vragen worden beantwoord:

1. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en onderliggende bodemlagen en hoe lang duurt het om deze te verschromen door middel van maaien en afvoeren of uitmijnen?
2. Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor, wat is de eventueel benodigde ontgrondingsdiepte?
3. Is er op basis van de labiele P- (P-NaCl) en NO_3^- -concentraties sprake van een risico op uitspoeling naar diepere bodemlagen en/of het grondwater?
4. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie en het bodemtype aanwezig?
5. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?



Figuur 1.2. Enkele foto's van het onderzoeksgebied en de aangetroffen bodemprofielen. Foto's: Jan Vermeer.

In 2009 zijn door Onderzoekcentrum B-WARE enkele metingen van de bodemchemie, de bodemvochtchemie en het grondwater uitgevoerd ten zuiden van het onderzoeksgebied. Het onderzoek vond plaats in het Haaksbergerveen (de Groene Plas) in het kader van het OBN-onderzoek “Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap” (Tomassen et al, 2011) dat is uitgevoerd in de Natura 2000 gebieden De Grootte Heide, Dwingelderveld, Haaksbergerveen en in de boswachterij Gieten. Er zijn op drie locaties (figuur 1.3) bodemonsters verzameld per 10-20 cm op verschillende dieptes (overwegend 0-40 cm-mv). Dit waren overwegend veenbodems en enkele zand(ige) bodems.



Figuur 1.3. Overzicht van de ligging van de drie bodemonmonsterlocaties (HBV5-7) in de Groene Plas (2009) ten opzichte van het onderzoeksgebied.

De resultaten van de bodemanalyses worden gegeven in tabel 1.1. De bodems worden gekenmerkt door lage Olsen-P (gemiddeld $\pm 150 \mu\text{mol/l}$) en totaal-P ($< 5 \text{ mmol/l}$) concentraties. De totaal-Ca concentratie bedraagt over het algemeen 2-5 mmol/l en de concentratie zoutuitwisselbaar calcium $< 3000 \mu\text{mol/l}$. De pH-NaCl varieert van 3,2 tot 4,4.

Tabel 1.1. Overzicht van bodemchemische analyses (2009) op drie locaties in de Groene Plas (Tomassen et al., 2011) waarbij een onderscheid zichtbaar is tussen de veenbodems en zand(ige) bodems.

Locatie	Diepte	Vocht	MV	Olsen-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	S-t	pH-z	Ca-z	Al-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z
		%	kg/l	$\mu\text{mol/l}$	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l		$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$
HBV5	0-10	78	0,20	61	2,4	84,8	2,3	14,5	15,2	4,2	256	1072	450	681
	10-20	37	0,77	116	5,9	171,6	5,5	1,7	16,3	4,2	310	1496	156	137
	20-30	38	0,77	232	6,2	154,1	5,0	2,4	12,1	4,4	139	781	158	66
HBV6	0-10	95	0,01	46	0,0	0,1	0,4	0,0	0,2	3,2	388	8	0	5
	0-10	95	0,02	30	0,1	0,4	1,2	0,4	0,5	3,3	695	26	39	0
	10-20	95	0,03	43	0,3	4,4	1,8	5,3	2,1	3,7	1347	565	107	213
	10-20	95	0,03	14	0,2	2,6	2,0	7,6	1,2	3,8	1065	515	85	55
	20-30	92	0,07	341	1,4	25,9	3,9	3,2	20,5	3,9	2726	1233	58	281
	30-40	87	0,12	270	1,6	40,1	9,3	4,4	32,7	3,7	6087	1256	44	213
HBV7	20-40	90	0,09	366	1,7	13,2	6,7	5,5	22,0	3,5	3691	498	45	196
	55-60	24	1,25	121	1,5	148,5	16,0	33,4	7,3	3,9	2692	962	104	363
veen	gem	91	0,07	146	1,0	21,4	3,5	5,1	11,8	3,7	2032	647	103	205
zand(ig)	gem	33	0,93	156	4,6	158,1	8,8	12,5	11,9	4,2	1047	1079	140	189

2. 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 2.1 en figuur 2.2).



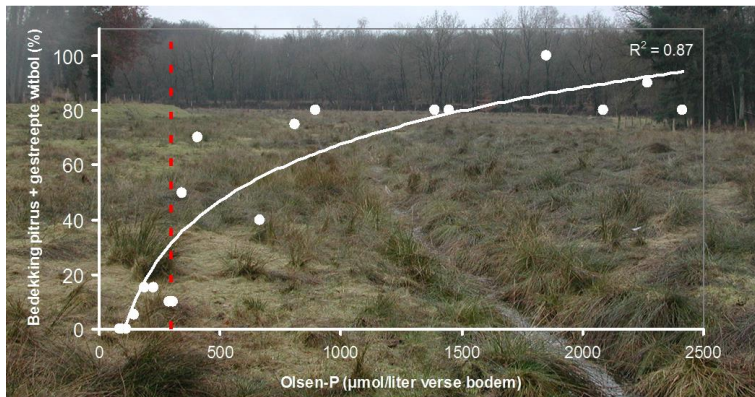
Figuur 2.1. Pitrusontwikkeling en verruiging op (natte) voormalige landbouwgronden na het onvoldoende verwijderen van de fosfaatrijke grond. Foto's: Maarten Veldhuis en Mark van Mullekom.

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 2.2). 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 ± 500 -1000 micromol per liter verse bodem.



Figuur 2.2. 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 verschraling 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. Verschraling van voormalige landbouwgronde 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 struwelen. 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 verschrulingsbeheer 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 ontwateringssloten, is het van belang dat voldoende doorstroming plaatsvindt. Stagnatie van water kan leiden tot het vrijkomen van fosfor en ongewenste verrijking. 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.

3. Veldwerkzaamheden en analyses

3.1. Veldwerkzaamheden

Op basis van de actuele en historische perceelverdeling, variatie in het grondgebruik, hoogteligging en het bodemtype werden in overleg met de opdrachtgever 24 monsterlocaties vastgesteld (figuur 2a-2g). Op deze locaties werden op 24 oktober 2016 de bodemprofielen standaard beschreven tot 150 cm-mv conform NEN5104. Hierbij werden tevens de algemene bodemhorizonten beschreven en werd de actuele grondwaterstand en de GLG/GHG (indien af te leiden uit het bodemprofiel) genoteerd.

Per locatie werd op 4 vastgestelde dieptes bemonsterd. De monsters werden niet gemengd tot een mengmonster, maar onafhankelijk van elkaar geanalyseerd. Op de volgende dieptes werden bodemonsters verzameld:

- Toplaag (0-20 cm-maaiveld);
- Restant bouwvoor;
- 0-10 cm onder bouwvoor;
- 10-20 cm onder bouwvoor.

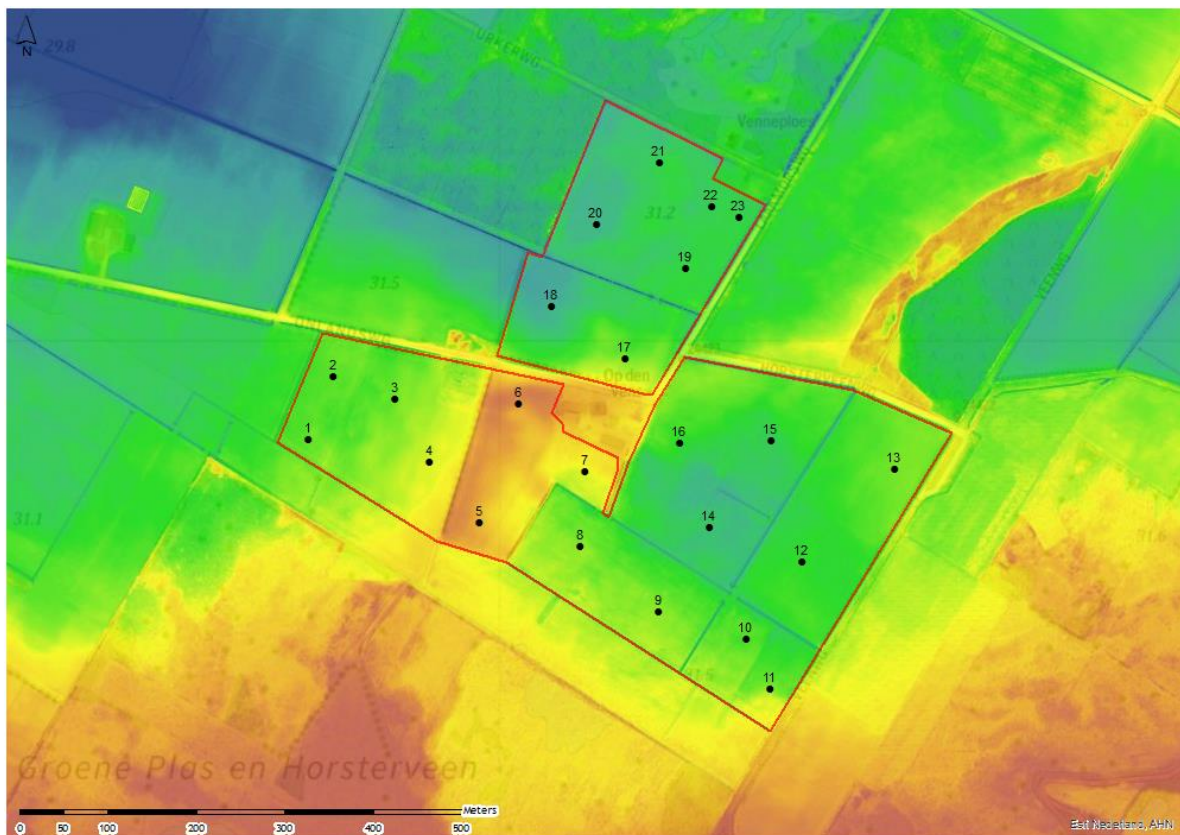
De bemonsteringsdieptes zijn enigszins indicatief, omdat de bodemopbouw variabel is. Mocht de karteerder/monsternemer redenen hebben gezien om van de genoemde diepten af te wijken, dan is dit herleidbaar uit de beschrijving van de bodemprofielen (bijlage 1).



Figuur 2a. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een top10 ondergrond.



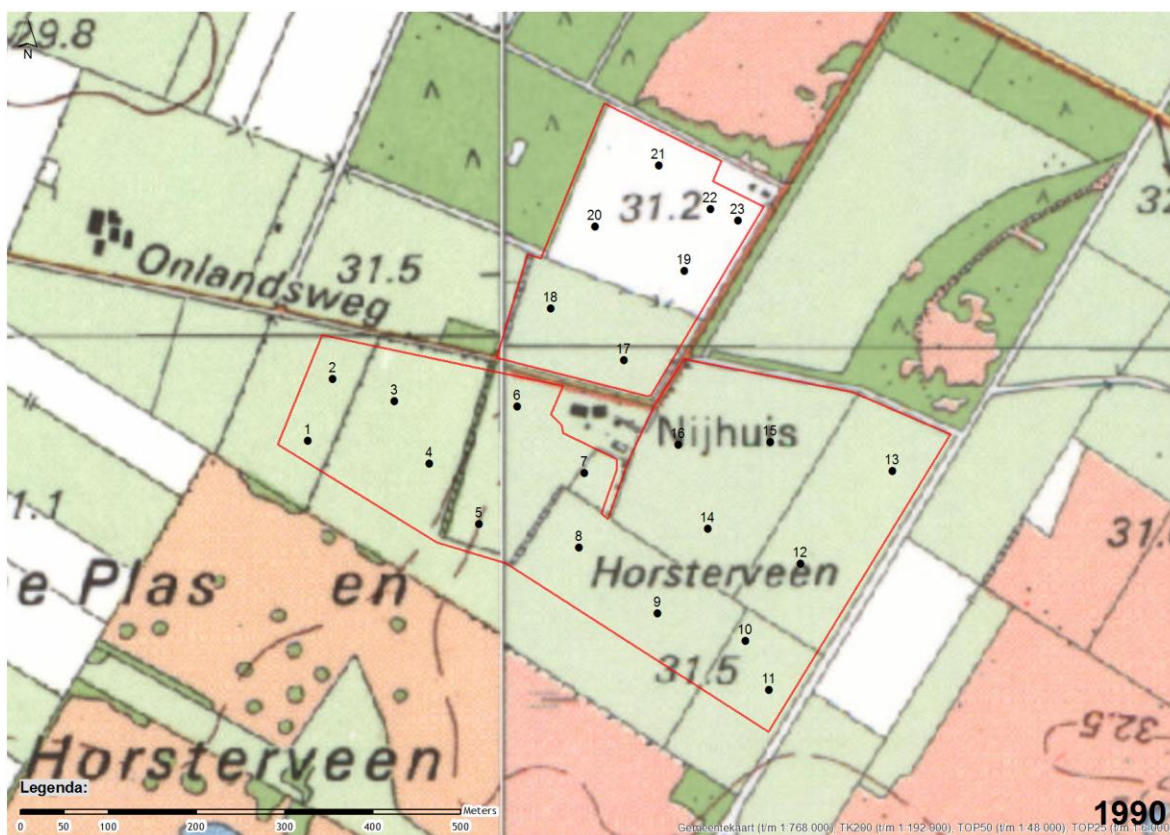
Figuur 2b. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een luchtfoto (2014).



Figuur 2c. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een hoogtekaart.



Figuur 2d. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een bodemkaart.



Figuur 2e. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een historische kaart uit 1990.



Figuur 2f. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een historische kaart uit 1980.



Figuur 2g. Overzicht van de ligging van de monsterlocaties op een historische kaart uit 1970.

3.2. Analyses

De volgende analyses werden 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 NaHCO₃ 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.

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 (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd en de vaatjes werden geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruerd 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).

Zoutextractie

In de zoutextracten (alleen uitgevoerd op een selectie van bodems) werd de eerst 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 werd aangezuurd en opgeslagen voor analyse. Vervolgens werd de hoeveelheid NO₃, NH₄, 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 concentratie is een goede maat voor de concentratie labiel gebonden fosfaat.

Monsteranalyse

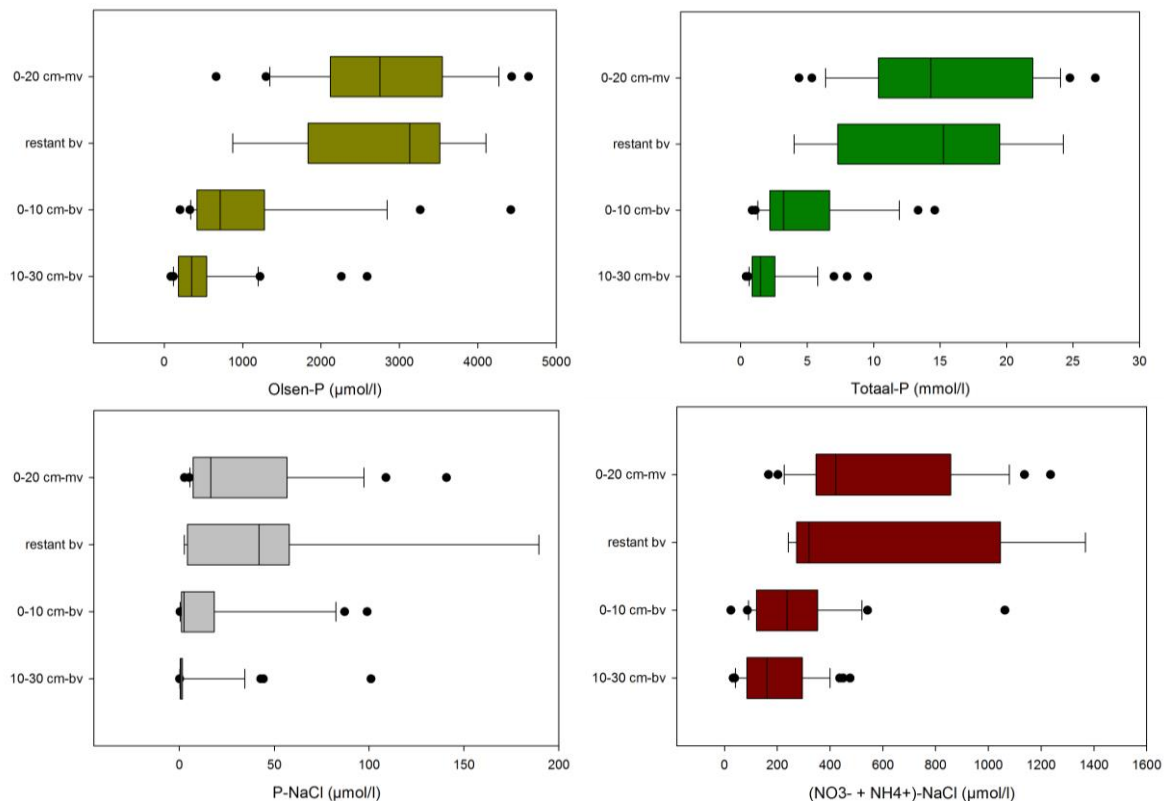
De pH van het zoutextract werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De concentraties natrium (Na⁺) en kalium (K⁺) werden vlamfotometrisch bepaald en de ammonium (NH₄⁺), nitraat (NO₃⁻), fosfaat (PO₄³⁻) en chloride (Cl⁻) concentraties aan de hand van kleurreacties met autoanalyser-technieken (zie ook <http://www.ru.nl/fnwi/gi>). De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), zwavel (S), fosfor (P), ijzer (Fe), mangaan (Mn) en silicium (Si) werden gemeten met behulp van een ICP-OES (zie ook <http://www.ru.nl/fnwi/gi>).

4. Natuurontwikkelingsmogelijkheden per deelgebied

4.1. Algemene bodemchemie en trends in de diepte

Primaire parameters

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van (vochtige-natte) voedselarme natuur. Als gevolg van het landbouwkundig gebruik is de P-beschikbaarheid voor planten (Olsen-P concentratie) en de totaal-P concentratie (lokaal fors) te hoog ten opzichte van de streefconcentratie (<300-500 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en <2-3 mmol/l totaal-P). De bouwvoor is over het algemeen matig tot sterk verrijkt met fosfaat. Dit verschilt sterk per deelgebied (paragraaf 4.2). Zowel de totaal-P concentraties als de Olsen-P concentraties nemen af in de diepte (figuur 4.1). De P-concentraties nemen sterk af direct onder de bouwvoor en nemen (nog) verder af in de diepte. De labiele P-concentraties (P-NaCl) zijn hoog in de bouwvoor (vaak hoger in de onderkant van de bouwvoor, waarschijnlijk als gevolg van uitspoeling en mindere opname door het gewas) en nemen af onder de bouwvoor. Lokaal zijn onder de bouwvoor echter nog hoge P-NaCl concentraties gemeten als gevolg van P-uitspoeling onder de bouwvoor. Op 10-30 cm onder de bouwvoor zijn de P-NaCl concentraties overwegend laag (< 1 $\mu\text{mol/l}$). Ook de beschikbare stikstofconcentraties nemen sterk af onder de bouwvoor (figuur 4.3, rechtsonder). In paragraaf 4.2 worden per deelgebied en per monsterlocatie de natuurontwikkelingsmogelijkheden toegelicht.



Figuur 4.1. Boxplots van de Olsen-P (linksboven), totaal-P (rechtsboven), P-NaCl (linksonder) en beschikbaar stikstof (rechtsonder) concentraties uitgedrukt per liter bodem in de toplaag van de bodem, het restant van de bouwvoor en in toenemende diepte onder de bouwvoor (de dieptes variëren). De Box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

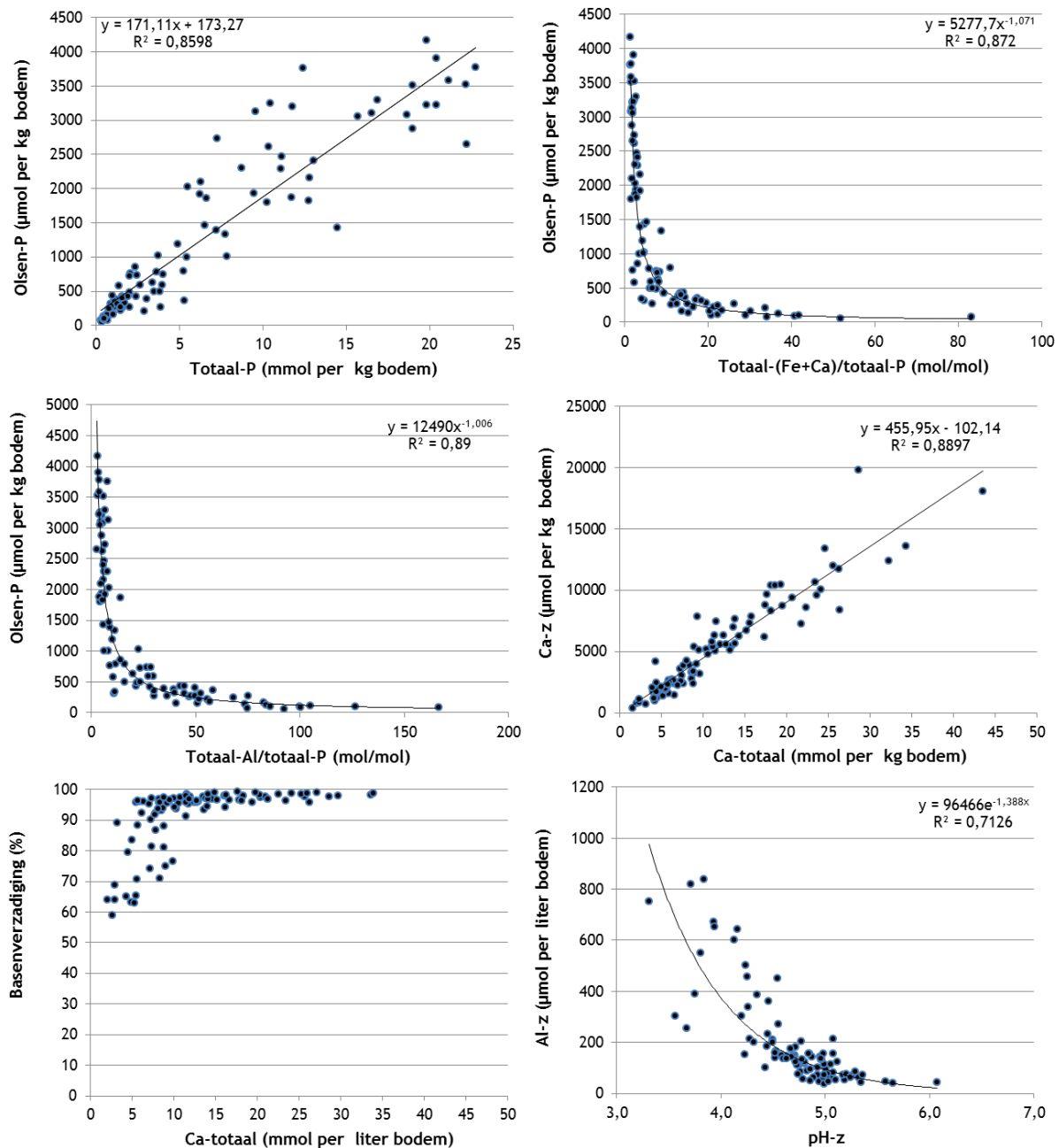
Uit figuur 4.1 blijkt dat de toplaag van de bodem rijk is aan nitraat en fosfaat. Ondanks dat de gemiddelde GHG 60 cm-mv is (overwegend 40-80 cm-mv) en de dikte van de bouwvoor 20-40 cm bedraagt is er toch een groot risico op uitspoeling naar het grondwater. Aangezien onder de bouwvoor sprake is van een relatief zure, humusarme zandbodems vindt er nauwelijks binding en denitrificatie plaats waardoor fosfaat en nitraat relatief snel zullen uitspoelen tot in het grondwater. De uitspoeling van fosfor en stikstof zal sterk afnemen wanneer de gronden niet meer bemest worden, wanneer de rijke toplaag wordt afgegraven of wanneer een intensieve verschraling van de toplaag gaat plaatsvinden door bijvoorbeeld uit te mijnen met grasklaver. Metingen aan het grondwater kunnen dit uitwijzen.

In figuur 4.2 (linksboven) zijn 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 (zand, veen) en door het verschil in bodemchemie (variatie in ijzer- en/of calciumconcentraties).

De Olsen-P concentratie wordt 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. Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer- en aluminium(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaërobe condities) en 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 klei-/leemdeeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder.

De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. In figuur 4.2 is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer en calcium (figuur 4.2, rechtsboven) en/of aluminium (figuur 4.2, linksmidden) ten opzichte van totaal-P, blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag. Dit proces wordt versterkt op locaties waar sprake is van ijzer- en calciumrijk kwelwater.

Hoge ammonium- of nitraatconcentraties (>200 μmol per liter bodem) zijn niet gewenst maar minder problematisch voor de beoogde natuurontwikkeling. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en zal als gevolg van uitspoeling en nitrificatie- en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen. De uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan uiteraard wel een effect hebben op de grondwaterkwaliteit.



Figuur 4.2. Correlaties tussen enkele interessante bodemchemische parameters.

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 indicatie van de buffercapaciteit van de bodem. Uit figuur 4.2 (rechtsonder) blijkt dat de aluminiumconcentratie in het zoutextract toeneemt naarmate de pH lager wordt. Dit komt overeen met de theorie dat aluminiumhydroxiden in oplossing gaan bij een

lage bodem pH. Als de basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+}) zijn vervangen door zuurionen of aluminium (H^+ en Al^{3+}), neemt de concentratie zuurionen in het bodemvocht toe en daalt de pH.

De calciumconcentraties in het zoutextract correleren met de totaal-calcium concentraties (figuur 4.2, rechtsmidden). De totaal-calciumconcentratie is dan ook, net als de concentratie zoutextraheerbaar 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 natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Er is sprake van relatief calciumarme zandbodems. De P-beschikbaarheid is hierdoor relatief hoog (gemiddeld 22%). Dit betekent dat de Olsen-P concentratie nog relatief hoog kan zijn bij een lage totaal-P concentratie.

Voor grondwatergevoede systemen speelt daarnaast de grondwaterinvloed (aanlevering bufferstoffen) en de grondwaterkwaliteit (o.a. de mate van buffering) een belangrijke rol. De buffering van de bodem daalt over het algemeen sterk bij totaal-calciumconcentraties lager dan 20 mmol/l verse bodem (figuur 4.2, linksonder). Een andere indicator voor de buffercapaciteit van de bodem is de Al/Ca-ratio van het zoutextract. Verzuring van de bodem leidt namelijk tot een stijging van de aluminiumconcentratie en de Al/Ca-ratio in het bodemvocht/zoutextract. Een lage Al/Ca-ratio ($< 0,1$) komt over het algemeen overeen met een basenverzadiging van meer dan 90%.

4.2. Natuurpotenties van de voormalige landbouwgronden

Per deelgebied (figuur 4.3) worden per monsterlocatie in een tabel de belangrijkste abiotische factoren kort toegelicht. De grondsoort en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn met name relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. 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 voor (matig) gebufferde natuurtypen. Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide (of hoogveen) voor de hand (zeer indicatief: Ca-t < 10 mmol/l en Ca-z $< 3000/4000$ $\mu\text{mol/l}$). Op zwak-calciumhoudende bodems (Ca-tot >10 mmol/l en Ca-z 3000/4000-8000 $\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland (of kleine zeggenvegetaties) voor de hand mits er voldoende aanrijking met basen plaatsvindt via capillaire opstijging. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: 8000-30000 $\mu\text{mol/l}$) 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 (of Elzenbroekbos) tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

In de bouwvoor van (met name relatief calciumarme tot matig calciumhoudende) bodems kunnen verhoogde calciumconcentraties worden gemeten in vergelijking met de onderliggende bodem. Dit is zeer waarschijnlijk het gevolg van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik voor de optimalisatie van de bodem-pH en daarmee de gras- of gewasopbrengst.

Op locaties waar sprake is van calciumarme omstandigheden (tabel 4.6) wordt een eenmalige bekalking geadviseerd. Deze dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammoniumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Zie paragraaf 4.3. voor aanvullende informatie over de bekalking.

Tabel 4.1. Overzicht van de verschillende bufferranges (11 categorieën) en fosfaatconcentraties (tussen haakjes de uitloop als een suboptimale concentratie) waarbij diverse natuurbeheertypen voorkomen (INDICATIEF). Voor Dotterbloemhooilanden en Elzenbroekbossen zijn hoge ijzerconcentraties vereist. Van Blauwgrasland tot Elzenbroekbos kunnen de totaal-P concentraties relatief hoog zijn als gevolg van ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden. De fosfaatbeschikbaarheid voor planten (Olsen-P) is echter relatief beperkt. Naast de mate van buffering zijn de hydrologische omstandigheden essentieel voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen (niet in deze tabel). Het herstellen van de grondwaterinvoer kan bijdragen aan het opladen van het kationuitwisselingscomplex en daarmee het herstel van de buffercapaciteit. Het betreft een indicatieve tabel op basis van expert judgement en referentiemetingen. Bron: van Mullekom & Smolders (2012).

						N07.01	N11.01				N14.02
						N06.04	N06.04	N10.01	N10.01	N10.02	N10.02
Codes natuurbeheertypen											
Olsen-P (µmol/l)						< 500 (800)	< 300 (600)	< 500 (700)	< 500 (700)	< 600 (900)	< 800 (1000)
Totaal-P (mmol/l)						< 2,5 (6)	< 3 (7)	< 6 (10)	< 10 (20)	< 15 (35)	< 20 (50)
Categorie	Ca-NaCl (µmol/l)		Totaal calcium (mmol/l)		Basenverzadiging	Droge heide Natte heide	Droog heischraal grasland Vochtig heischraal grasland	Kleine zeggen vegetatie	Blauwgrasland	Veldruschraalland	Dotterbloemhooiland & Elzenbroekbossen
1	<500	en/of	<10	en/of	<30%						
2	500-1000	en/of	10-15	en/of	30-70%						
3	1000-2000	en	15-20	en	>70%						
4	>2000	en	15-20	en	>70%						
5	2000-4000	en	20-30	en	>70%						
6	>4000	en	20-30	en	>70%						
7	8000-14000	en	30-60	en	>90%						
8	>14000	en	30-60	en	>90%						
9	>14000	en	60-100	en	>90%						
10	20000-30000	en/of	>100	en	>90%						
11	>30000	en/of	>100	en	>90%						
						soortenarm		normaal		soortenrijk	

In de tabellen per deelgebied 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 verschrallingsduur berekend bij traditioneel beheer van maaien en afvoeren (P-afvoer: 10 kg/ha/jr). Gericht uitmijnen met van een grasklaver-mengsel (met K-bemesting) of een productieve graszode (met N- en K-bemesting) gaat vier keer zo snel (P-afvoer: 40 kg/ha/jr).

Stel dat de actuele voor planten beschikbare P-fractie (Pbs) 0,10 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 µmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschrallingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P ratio) valt de verschrallingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschralling in de laatste fase afneemt waardoor de P-

afvoer van 10 kg/ha/jr niet meer wordt gehaald en de verschrallingsduur hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschrallingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte dienen, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25(-30) cm bij elkaar te worden opgeteld.

Wanneer wordt ingezet op verschralling van een fosfaatrijke toplaag is het belangrijk om te realiseren dat vernatting van een fosfaatrijke toplaag kan leiden tot P-mobilisatie en verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling. Daarnaast wordt een geschikte ontgrondingsdiepte vermeld. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem.



Figuur 4.3. Overzicht van 3 deelgebieden.

In de toelichting worden per deelgebied (figuur 4.3) de kansen voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur beschreven. Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen voor deze doeltypen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland met een Olsen-P streefconcentratie van circa (1200-)1500 $\mu\text{mol/l}$. Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. 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 ($P-z < 1$). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle

kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<1000-1200 µmol/l). Om op rijkere gronden dominantie van witbol tegen te gaan en de ontwikkeling van kruidachtigen te stimuleren wordt geadviseerd jaarlijks vroeg te maaien.

Tabel 4.2. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H₂O (deze is circa 0,5 eenheid hoger dan de pH-z; bron: database B-WARE) en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte natuurbeheertypen (optimumranges). Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H ₂ O	Olsen-P (µmol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
Vochtige heide		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	40- tot 120 - mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldrusschraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
	Rietmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
	Elzenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In tabel 4.2 staan voor een groot aantal natte natuurbeheertypen de abiotische randvoorwaarden aangegeven. Voorwaarde bij de ontwikkeling van soortenrijke voedselarme systemen blijft de lage fosfaatbeschikbaarheid voor planten. De metingen van de Olsen-P (en totaal-P) concentraties zijn dan ook in belangrijke mate leidend in de natuurontwikkelingskansen.

Voor de ontwikkeling van heide of schraalland wordt in dit onderzoek uitgegaan van een Olsen-P streefconcentratie van 300-500 µmol/l. Onder relatief ijzer- en calciumarme tot matig ijzer- en calciumhoudende omstandigheden bedraagt de grenswaarde voor de totaal-P concentratie <3(-5) mmol/l.

Deze indicatieve arceringen in tabel 4.3-4.5 horen bij de volgende klassen:

Nr	org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	Maaien en afvoeren (M)
	%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	jaren
weiland	<5	<250	<10	<4000	<20	0 voldoende P-arm
akker	6-10	251-400	11-20	4001-8000	21-50	<10 kansrijk voor verschraling door middel van maaien en afvoeren
	11-25	401-750	21-30	8001-15000	51-100	11-40 matig kansrijk voor verschraling door middel van maaien en afvoeren
	26-50	>750	31-50	15001-25000	101-150	41-80 kansrijk voor verschraling door middel van uitmijnen
	>50		51-80	25001-40000	151-300	81-200 matig tot beperkt kansrijk voor verschraling door middel van uitmijnen
			>80	>40000	>300	201-400 ongeschikt voor verschraling I
					>400	ongeschikt voor verschraling II

DEELGEBIED ZUID-WEST



Figuur 4.4. Enkele foto's van deelgebied zuid-west.

Tabel 4.3. Overzicht van het grondgebruik, grondwaterstand (GWS = actuele grondwaterstand 24 oktober 2016, GLG/GHG = gemiddeld laagste en hoogste grondwaterstand, afgelezen uit het bodemprofiel), grondsoort, algemene bodemhorizont (HZT) en de bodemchemie per monsterlocatie waarbij 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. Pbs = voor planten beschikbare fosfaatfractie (Olsen-P/totaal-P) in mol/mol. -z = concentratie in een NaCl-extractie. BV = indicatie basenverzadiging. M3/5 = 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 300-500 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P ondergrens 2,5 mmol/l): streefconcentratie ontwikkeling heide of schraalland. M12: idem op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 1200 $\mu\text{mol/l}$ (kruidenrijk grasland).

Nr	GWS	GLG	GHG	Grondsoort	HZT	V	MV	OS	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	pH-z	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	P-z	NO3-z	NH4-z	BV	M3/5	M12	
1	0-20	120	>150	60	Zand, bv	Ap	11	1,1	4,6	2119	10,4	0,20	53	17	11	1,1	4	6	4,8	111	7330	142	1566	12,7	264	95	97	49	28
	20-30				Zand, geroerde podzol	AxE	19	0,9	8,4	453	3,2	0,14	52	16	3	0,2	2	4	4,8	86	8117	247	1320	1,2	192	35	98	1	0
	30-40				Zand, licht geroerd	BCx	7	1,3	0,9	179	0,7	0,26	50	6	5	1,4	3	2	4,9	71	3233	230	385	0,4	69	16	96	0	0
	40-50				Zand, licht geroerd	BCx	8	1,3	1,1	136	0,7	0,21	65	6	7	2,2	4	2	4,9	62	2580	164	530	0,4	28	8	96	0	0
2	0-20	130	>150	70	Zand, bv	Apx	8	1,1	4,4	3462	18,4	0,19	85	19	17	1,3	8	7	4,5	140	6891	181	1788	41,0	176	86	96	99	75
	20-35				Zand, bv	Apx	11	1,1	4,4	2575	12,4	0,21	78	30	10	1,8	6	5	4,8	57	9441	106	1525	32,6	89	152	98	47	31
	35-45				Zand, licht geroerd	BCx	5	1,3	0,7	560	3,1	0,18	68	10	19	2,8	14	1	4,9	50	3119	104	776	3,5	14	10	97	1	0
	45-55				Zand, licht geroerd	BCx	5	1,3	0,6	354	2,6	0,14	79	9	23	3,8	12	1	4,8	87	1843	246	358	0,7	20	13	93	5	0
3	0-20	130	>150	70	Zand, bv	Ap	12	1,0	5,2	2615	10,3	0,25	58	14	10	0,9	2	5	4,5	232	6951	510	651	6,5	238	121	93	49	35
	20-30				Zand, bv	Ap	13	1,0	5,4	2532	11,4	0,22	69	21	11	1,9	3	7	4,6	146	9652	290	836	7,0	238	79	97	28	19
	30-40				Zand, geroerde uitsp.	Ex	8	1,2	2,2	588	2,4	0,24	53	15	4	2,4	3	3	4,8	119	6711	131	664	2,1	86	35	97	0	0
	40-50				Zand, licht geroerd	Bx	10	1,3	1,7	400	1,8	0,22	80	12	9	2,7	6	3	4,7	148	5053	113	791	1,4	73	19	95	0	0
4	0-20	140	>150	80	Zand, bv	Ap	7	1,0	5,9	3670	19,8	0,19	115	9	24	2,5	6	8	4,2	643	2867	196	729	10,1	269	78	75	108	83
	20-30				Zand, bv	Ap	6	1,0	5,2	3129	18,9	0,17	103	9	19	1,5	5	6	4,3	458	3343	136	452	3,2	217	66	81	51	36
	30-40				Zand, licht geroerd, roestvl.	Bxc	8	1,2	1,9	722	4,8	0,15	143	7	23	2,2	9	5	4,5	450	1921	174	197	1,4	115	21	74	6	0
	40-50				Zand, licht geroerd, roestvl.	Bxc	10	1,2	2,4	256	3,5	0,07	196	5	113	0,7	8	5	4,6	271	2101	323	192	0,5	165	18	83	5	0
5	0-20	150	>150	90	Zand, bv	Ap	7	1,0	6,8	3239	11,9	0,27	59	7	16	1,2	4	9	3,8	549	3581	228	1457	43,3	153	49	81	59	47
	20-30				Zand, sterke inspoeling	B	4	1,2	2,7	4419	14,6	0,30	115	6	16	2,4	8	3	3,9	672	2301	188	730	74,0	92	29	71	38	33
	30-40				Zand, intact	BC	4	1,2	1,6	2258	8,0	0,28	112	5	17	2,9	9	2	4,1	602	1528	155	441	23,1	68	18	65	17	12
	40-50				Zand, intact	BC	5	1,2	1,5	1195	4,4	0,27	100	5	15	1,9	9	2	4,2	502	1123	174	313	2,8	65	13	63	6	0
6	0-20	>150	>150	120	Zand, bv	Ap	13	1,1	7,9	3435	11,1	0,31	48	9	16	2,2	4	9	3,8	390	4128	1672	3091	140,8	279	81	88	54	45
	20-40				Zand, intact esdek	Aan	15	1,0	8,7	1833	5,9	0,31	39	10	12	1,0	3	6	3,3	753	4941	1021	2011	189,5	237	32	77	21	13
	40-50				Zand, intact esdek	Aan	4	1,3	1,2	405	1,1	0,37	12	3	2	0,2	1	1	3,7	255	1059	324	302	98,9	85	11	64	0	0
	50-60				Zand, egale uitspoeling	Ex	4	1,3	0,9	441	1,4	0,32	16	3	3	1,0	1	1	3,6	303	1021	361	314	101,0	100	15	59	0	0
	85-95				Zand, sterke inspoeling	B	8	1,2	2,1	3843	11,7	0,33	96	5	14	2,7	9	3	3,7	820	1862	642	684	209,0	223	27	63	29	25
7	0-20	120	>150	80	Zand, bv	Ap	16	1,0	9,4	3787	19,8	0,19	72	23	18	1,9	6	10	4,2	154	9734	398	3491	56,7	912	81	96	108	84
	20-30				Zand, bv	Ap	18	0,9	10,4	3132	19,7	0,16	62	29	18	1,8	8	12	4,4	101	11031	240	4350	51,1	1290	78	98	53	38
	30-40				Zand, roestvl.	BE	9	1,2	2,6	3265	8,7	0,38	56	11	9	1,4	6	4	4,3	215	3819	286	1279	87,1	211	26	91	19	17
	40-50				Zand, roestvl.	BE	7	1,3	1,2	2587	7,0	0,37	61	7	11	1,8	7	2	4,4	185	2712	271	711	33,4	158	20	90	14	12

1. De zandige bouwvoor van 20 cm is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 10,4 mmol/l en Olsen-P 2119 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 12 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 17 mmol/l en Ca-z 7330 $\mu\text{mol/l}$; zonder de aanrijking met basen via het grondwater is de verwachting dat de toplaag op termijn verzuurt en tot heide ontwikkelt, dit geldt ook voor de rest van het onderzoeksgebied). Wanneer 20 cm wordt afgegraven komt een humeuze (8,4% organische stof), geroerde podzol aan het oppervlak welke slechts zeer beperkt verrijkt is met fosfaat (totaal-P 3,2 mmol/l en Olsen-P 453 $\mu\text{mol/l}$). Deze bodemlaag is geschikt voor de ontwikkeling van heide/heischraal grasland (Ca-t 16 mmol/l en Ca-z 8117 $\mu\text{mol/l}$). Vanaf 30 cm-mv is de

bodem P-arm (totaal-P 0,7 mmol/l en Olsen-P 179 µmol/l) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z 3233 µmol/l).

2. De zandige bouwvoor van 35 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 12,4-18,4 mmol/l en Olsen-P 2575-3462 µmol/l). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 29 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 19 mmol/l en Ca-z 6891 µmol/l; op termijn heideontwikkeling). Wanneer 35 cm wordt afgegraven komt een humusarme, relatief P-arme (totaal-P 3,1 mmol/l en Olsen-P 560 µmol/l) zandbodem aan het oppervlak welke geschikt is voor heideontwikkeling (Ca-t 10 mmol/l en Ca-z 3119 µmol/l).
3. De zandige bouwvoor van 30 cm is (beperkt) verrijkt met fosfaat (totaal-P 10,3-11,4 mmol/l en Olsen-P 2532-2615 µmol/l). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 16 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 19 mmol/l en Ca-z 6891 µmol/l; op termijn heideontwikkeling). Wanneer 30 cm wordt afgegraven komt een humusarme, relatief P-arme (totaal-P 2,4 mmol/l en Olsen-P 588 µmol/l) zandbodem aan het oppervlak welke geschikt is voor de ontwikkeling van heide/heischraal grasland (Ca-t 15 mmol/l en Ca-z 6711 µmol/l).
4. De zandige bouwvoor van 30 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 18,9-19,8 mmol/l en Olsen-P 3129-3670 µmol/l). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 33 jaar voor de ontwikkeling van heide (Ca-t 9 mmol/l en Ca-z 2867 µmol/l). Wanneer 30 cm wordt afgegraven komt een humusarme zandbodem aan het oppervlak welke zeer beperkt verrijkt is met fosfaat (totaal-P 4,8 mmol/l en Olsen-P 722 µmol/l). Deze bodemlaag is in combinatie met circa 6 jaar aanvullend verschrallingsbeheer geschikt voor de ontwikkeling van heide (Ca-t 7 mmol/l en Ca-z 1921 µmol/l). Vanaf 40 cm-mv is de bodem ijzerrijk (113 mmol/l), P-arm (totaal-P 3,5 mmol/l en Olsen-P 256 µmol/l) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 5 mmol/l en Ca-z 2101 µmol/l).
5. De zandige bouwvoor van 20 cm en de inspoelingslaag op 20-30 cm-mv zijn verrijkt met fosfaat (totaal-P 11,9-14,6 mmol/l en Olsen-P 3239-4419 µmol/l). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 19 jaar voor de ontwikkeling van heide (Ca-t 7 mmol/l en Ca-z 3581 µmol/l). Wanneer 30 cm wordt afgegraven komt een humusarme zandbodem aan het oppervlak welke nog steeds verrijkt is met fosfaat (totaal-P 8,0 mmol/l en Olsen-P 2258 µmol/l) waardoor 20-25 jaar aanvullend verschrallingsbeheer (maaïen en afvoeren) vereist is voor de ontwikkeling van heide (Ca-t 5 mmol/l en Ca-z 1528 µmol/l). Vanaf 40 cm-mv is de bodem beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 4,4 mmol/l en Olsen-P 1195 µmol/l) en in combinatie met circa 6 jaar aanvullend verschrallingsbeheer geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 5 mmol/l en Ca-z 2101 µmol/l).
6. De zandige bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 11,1 mmol/l en Olsen-P 3435 µmol/l). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 15 jaar voor de ontwikkeling van heide (Ca-t 9 mmol/l en Ca-z 4128 µmol/l). Wanneer 20 cm wordt afgegraven komt een humeus (8,7% organische stof) esdek aan het oppervlak welk nog steeds matig verrijkt is met fosfaat (totaal-P 5,9 mmol/l en Olsen-P 1833 µmol/l) waardoor circa 21 jaar aanvullend verschrallingsbeheer vereist is voor de ontwikkeling van heide (Ca-t 10 mmol/l en Ca-z 4941 µmol/l). Vanaf 40 cm-mv is het esdekrestant P-arm (totaal-P 1,1 mmol/l en Olsen-P 405 µmol/l) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 3 mmol/l en Ca-z 1059 µmol/l).
7. De zandige bouwvoor van 30 cm (totaal-P 19,7-19,8 mmol/l en Olsen-P 3132-3787 µmol/l) en de inspoelingslaag op 30-40 cm-mv (totaal-P 8,7 mmol/l en Olsen-P 3265 µmol/l) zijn verrijkt met fosfaat. De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 33 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 23 mmol/l en Ca-z 9734 µmol/l; op termijn heideontwikkeling). Ook vanaf 40 cm-mv is de bodem nog beperkt verrijkt met

fosfaat (totaal-P 7,0 mmol/l en Olsen-P 2587 µmol/l) waardoor circa 14 jaar aanvullend verschrallingsbeheer nodig is voor heideontwikkeling (Ca-t 7 mmol/l en Ca-z 2712 µmol/l).

Synthese:

De gemiddelde uitmijnperiode van de toplaag in deelgebied zuid-west bedraagt 23 jaar voor de heideontwikkeling en 17 jaar voor de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland. De GHG varieert overwegend van 60-90 cm-mv. De dikte van de bouwvoor is slechts 20-30 cm. Aangezien lokaal sprake is van (relatief forse) P-uitspoeling onder de bouwvoor is (lokaal) aanvullend verschrallingsbeheer (in de vorm van maaien en afvoeren) vereist na afgraving van alleen de bouwvoor. Zie figuur 4.8 en 4.9 voor een overzicht van de ruimtelijke variatie in de uitmijnperiode en het ontgrondingsadvies.

DEELGEBIED ZUID-OOST



Figuur 4.5. Enkele foto's van deelgebied zuid-oost.

Tabel 4.4. Overzicht van het grondgebruik, grondwaterstand (GWS = actuele grondwaterstand 24 oktober 2016, GLG/GHG = gemiddeld laagste en hoogste grondwaterstand, afgelezen uit het bodemprofiel), grondsoort, algemene bodemhorizont (HZT), de bodemchemie en verschrallingsduur per monsterlocatie. Zie tabel 4.3 voor een uitgebreide toelichting.

Nr	GWS	GLG	GHG	Grondsoort	HZT	V	MV	OS	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	pH-z	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	P-z	NO3-z	NH4-z	BV	M3/5	M12	
8	0-20	100	130	70	Zand, afgegraven bv	Apxx	9	1,1	3,7	2553	9,7	0,26	76	15	9	2,7	8	4	4,9	47	6060	2015	3571	14,0	133	33	99	45	32
	20-40				Zand, sterk geroerd	BxxC	10	1,4	1,1	354	2,1	0,17	101	7	17	4,9	13	3	4,9	95	1902	1343	1147	0,4	71	16	95	0	0
	40-50				Veenrestant	O	38	0,8	14,5	210	3,0	0,07	224	11	9	5,9	10	22	4,8	205	4338	2528	2172	0,2	52	25	96	0	0
	50-60				Zand, inspoeling	BC	16	1,3	1,7	139	0,8	0,16	89	5	13	4,7	10	5	5,1	66	1548	1456	827	0,0	20	18	96	0	0
9	0-20	90	>150	50	Zand, afgegraven bv	Apxx	10	1,1	3,7	1297	5,4	0,24	55	12	11	3,5	6	6	4,5	166	6914	343	2327	6,2	291	111	96	18	3
	20-30				Zand, afgegraven bv	Apxx	12	1,1	5,2	876	4,0	0,22	65	13	11	3,7	6	6	4,5	209	8311	584	2360	2,6	249	74	96	5	0
	30-40				Veenrestant, zandig	Ox	31	0,8	10,3	418	3,2	0,13	75	16	5	3,5	4	10	4,3	338	8758	1768	1865	1,1	280	75	94	1	0
	40-50				Zand, inspoeling	BC	15	1,4	1,8	221	0,9	0,25	73	8	10	3,5	6	4	4,5	361	3085	943	728	0,0	136	30	87	0	0
10	0-15	60	100	30	Zand, afgegraven bv	Apxx	19	1,0	6,0	2511	13,6	0,18	78	20	23	3,7	11	10	4,8	125	9091	658	3613	16,5	869	119	97	52	33
	15-25				Veenrestant, zandig	OxxB	35	0,8	14,0	1033	6,0	0,17	69	34	19	1,9	13	12	4,7	110	13965	280	6080	3,2	802	261	98	10	0
	25-35				Veenrestant, zandig	OxxB	39	0,8	10,6	319	2,5	0,13	87	21	11	2,9	10	12	4,7	123	9834	184	4108	1,5	143	74	98	0	0
	35-45				Zand, intact	BC	17	1,4	0,8	184	0,6	0,29	53	8	15	2,9	11	2	4,7	147	2640	100	972	0,3	22	20	92	0	0
11	0-15	60	90	30	Zand, bv	Ap	22	1,0	9,1	1413	14,3	0,10	84	34	34	1,4	8	9	5,0	61	13457	38	3057	5,1	307	122	99	48	10
	15-25				Zand, licht ger., roestvl.	BCx	11	1,4	0,7	589	2,2	0,27	63	8	13	1,8	7	2	5,0	93	3717	126	701	2,1	70	40	96	0	0
	25-35				Zand, licht ger., roestvl.	BCx	14	1,4	0,9	534	1,8	0,30	70	9	16	3,9	10	2	5,1	82	3375	326	697	0,8	84	16	96	0	0
	35-45				Zand, licht ger., roestvl.	BCx	15	1,4	0,8	320	1,1	0,28	63	8	16	3,3	11	2	5,2	65	3346	256	748	0,4	41	31	97	0	0
12	0-20	70	100	40	Zand, bv	Apxx	11	1,1	4,9	1527	7,9	0,19	70	15	14	3,2	8	9	4,7	142	8381	283	1559	7,1	516	104	97	34	11
	20-40				Zand, geroerd	BCxx	17	1,1	4,3	1683	7,5	0,22	65	20	19	3,9	8	9	5,0	74	11069	400	1562	5,7	198	69	98	31	13
	40-50				Zand, geroerd	BCxx	15	1,4	2,5	363	1,5	0,25	71	18	21	3,8	12	6	5,3	63	6950	362	1163	0,7	97	129	97	0	0
	50-60				Zand, intact	BC	14	1,4	0,8	116	0,4	0,28	68	13	21	4,4	14	3	5,6	46	4610	460	1192	0,8	27	214	96	0	0
13	0-20	100	>150	60	Zand, bv	Ap	6	1,2	2,4	2164	12,3	0,18	52	9	11	2,3	4	4	4,9	101	4583	460	963	12,6	225	82	95	60	34
	20-30				Zand, verstoord	BxBC	8	1,3	1,5	1279	7,0	0,18	58	14	12	2,8	4	3	5,2	52	6133	292	516	3,0	241	75	98	14	1
	30-40				Zand, verstoord	BxBC	12	1,2	2,7	1220	9,6	0,13	58	27	15	1,6	4	4	5,7	40	10443	196	992	6,9	263	60	99	20	1
	40-50				Zand, intact	BC	12	1,4	1,0	108	0,9	0,11	70	18	14	3,3	10	2	6,1	42	7672	255	1493	0,8	100	22	99	0	0
14	0-20	90	120	60	Zand, bv	Ap	27	0,8	10,2	662	4,4	0,15	51	24	24	1,5	7	9	5,0	114	16607	127	3915	2,6	356	134	99	9	0
	20-30				Zand, verstoord	BCxx	15	1,3	2,0	201	0,9	0,23	44	12	14	3,4	8	4	5,1	125	10053	151	2170	2,4	88	85	98	0	0
	30-40				Zand, verstoord	BCxx	14	1,3	1,3	480	1,5	0,32	46	11	16	2,4	10	3	5,2	71	5747	192	1328	1,7	58	50	97	0	0
	40-50				Zand, intact	BC	15	1,5	0,4	84	0,5	0,16	50	9	18	3,2	12	1	5,3	44	3639	287	1040	0,2	73	56	96	0	0
15	0-20	80	120	40	Zand, bv	Ap	18	1,0	8,0	2104	12,5	0,17	74	26	20	2,1	8	10	5,0	132	11437	118	3566	7,1	293	62	98	61	33
	20-30				Zand, sterk verstoord	XX	23	1,0	5,7	326	1,7	0,19	70	18	11	1,9	9	7	5,1	157	10498	95	3004	1,8	186	62	98	0	0
	30-40				Zand, sterk verstoord	XX	20	1,1	3,5	197	1,1	0,17	65	14	13	2,5	9	5	5,0	143	7049	149	2118	0,6	107	48	97	0	0
	40-50				Zand, intact	C	13	1,3	1,1	116	0,6	0,21	56	8	15	3,7	10	2	5,1	114	3627	206	1241	0,6	57	25	96	0	0
16	0-20	110	>150	70	Zand, bv	Ap	9	1,0	4,6	2750	23,0	0,12	60	23	22	3,0	8	7	5,0	36	7521	132	3808	79,9	240	77	99	123	81
	20-30				Zand, sterk geroerd	BxxC	11	1,1	3,2	2139	13,3	0,16	54	16	17	2,7	6	5	5,0	55	7126	151	2616	25,3	211	71	98	33	18
	30-40				Zand, sterk geroerd	BxxC	18	1,1	4,7	668	3,6	0,18	72	20	9	2,2	6	5	5,2	74	11081	157	3254	1,5	144	48	99	3	0
	40-50				Zand, intact, sporen veen	BC	13	1,3	1,5	356	1,2	0,30	60	12	12	3,1	8	3	5,3	68	6985	211	1948	1,1	92	40	98	0	0

- 8.** Op deze (in het verleden reeds afgegraven?) locatie is de zandige toplaag van 20 cm (beperkt) verrijkt met fosfaat (totaal-P 9,7 mmol/l en Olsen-P 2553 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 11 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 15 mmol/l en Ca-z 6060 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heideontwikkeling). Wanneer 20 cm wordt afgegraven komt een humusarme, P-arme (totaal-P 2,1 mmol/l en Olsen-P 354 $\mu\text{mol/l}$) zandbodem aan het oppervlak welke geschikt is voor heideontwikkeling (Ca-t 7 mmol/l en Ca-z 1902 $\mu\text{mol/l}$).
- 9.** Op deze (in het verleden reeds afgegraven?) locatie is de zandige toplaag van 20 cm beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 5,4 mmol/l en Olsen-P 1297 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 5 jaar (of circa 20 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 12 mmol/l en Ca-z 6914 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heideontwikkeling). Wanneer 20 cm wordt afgegraven volstaat circa 5 jaar maaien en afvoeren voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide (Ca-t 13 mmol/l en Ca-z 8311 $\mu\text{mol/l}$). Op 30-40 cm-mv is een veraard veenrestant aangetroffen. In verband met de mineralisatie wordt geadviseerd deze veenrestanten onder de huidige droge omstandigheden niet het nieuwe maaiveld te laten vormen. Vanaf 40 cm-mv is de zandbodem P-arm (totaal-P 0,9 mmol/l en Olsen-P 221 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 8 mmol/l en Ca-z 3085 $\mu\text{mol/l}$).
- 10.** Op deze (in het verleden reeds afgegraven?) locatie is de zandige toplaag van 15 cm verrijkt met fosfaat (totaal-P 13,6 mmol/l en Olsen-P 2511 $\mu\text{mol/l}$) en zeer rijk aan nitraat (869 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 15 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 20 mmol/l en Ca-z 9091 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heideontwikkeling). Op 15-35 cm-mv is een veraard veenrestant aangetroffen. In verband met de mineralisatie wordt geadviseerd deze veenrestanten onder de huidige droge omstandigheden niet het nieuwe maaiveld te laten vormen. Vanaf 35 cm-mv is het de zandbodem P-arm (totaal-P 0,6 mmol/l en Olsen-P 184 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 8 mmol/l en Ca-z 2640 $\mu\text{mol/l}$).
- 11.** De zandige bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 14,3 mmol/l en Olsen-P 1413 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 12 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 34 mmol/l en Ca-z 13457 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide). Vanaf 20 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 2,2 mmol/l en Olsen-P 589 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 8 mmol/l en Ca-z 3717 $\mu\text{mol/l}$).
- 12.** De zandige bouwvoor van 20 cm inclusief de geroerde bodem op 20-40 cm-mv is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 7,5-7,9 mmol/l en Olsen-P 1527-1683 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 10 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 15 mmol/l en Ca-z 8381 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide). Wanneer 20 cm wordt afgegraven resteert circa 30 jaar maaien en afvoeren (of 7 jaar uitmijnen) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 20 mmol/l en Ca-z 11069 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide?). Vanaf 40 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 1,5 mmol/l en Olsen-P 363 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 18 mmol/l en Ca-z 6950 $\mu\text{mol/l}$).
- 13.** De zandige bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 12,3 mmol/l en Olsen-P 2164 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 17 jaar voor de ontwikkeling van heide (Ca-t 9 mmol/l en Ca-z 4583 $\mu\text{mol/l}$). Op 20-40 cm-mv is de bodem verstoord en eveneens verrijkt met fosfaat (totaal-P 7,0-9,6 mmol/l en Olsen-P 1220-1279 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer 20 cm wordt afgegraven is 34 jaar maaien en afvoeren vereist. Wanneer 30 cm wordt afgegraven volstaat 20 jaar maaien en afvoeren voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 27 mmol/l en Ca-z 10443 $\mu\text{mol/l}$). Vanaf

40 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 0,9 mmol/l en Olsen-P 108 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 18 mmol/l en Ca-z 7672 µmol/l).

- 14.** De humeuze (10,2% organische stof), zandige toplaag van 20 cm is slechts zeer beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 4,4 mmol/l en Olsen-P 662 µmol/l). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 2 jaar (of 9 jaar maaien en afvoeren) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 24 mmol/l en Ca-z 16607 µmol/l; op termijn heideontwikkeling?). Wanneer 20 cm wordt afgegraven komt een humusarme, P-arme (totaal-P 0,9 mmol/l en Olsen-P 201 µmol/l) zandbodem aan het oppervlak welke geschikt is voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 12 mmol/l en Ca-z 10053 µmol/l; op termijn heide).
- 15.** De bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 12,5 mmol/l en Olsen-P 2104 µmol/l). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 15 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 26 mmol/l en Ca-z 11437 µmol/l; op termijn heideontwikkeling?). Wanneer 20 cm wordt afgegraven is de bodem P-arm (totaal-P 1,7 mmol/l en Olsen-P 326 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 18 mmol/l en Ca-z 10498 µmol/l).
- 16.** De zandige bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 23 mmol/l en Olsen-P 2750 µmol/l). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 35 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 23 mmol/l en Ca-z 7521 µmol/l; op termijn heide). Van 20-30 cm-mv is de bodem verstoord en eveneens verrijkt met fosfaat (totaal-P 13,3 mmol/l en Olsen-P 2139 µmol/l). Wanneer 20 cm wordt afgegraven is 36 jaar maaien en afvoeren vereist. Wanneer 30 cm wordt afgegraven is de bodem relatief P-arm (totaal-P 3,6 mmol/l en Olsen-P 668 µmol/l) volstaat slechts 3 jaar maaien en afvoeren voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 20 mmol/l en Ca-z 11081 µmol/l). Vanaf 40 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 1,2 mmol/l en Olsen-P 356 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een heide/heischraal grasland (Ca-t 12 mmol/l en Ca-z 6985 µmol/l).

Synthese:

De gemiddelde uitmijnperiode van de toplaag in deelgebied zuid-oost bedraagt 14 jaar voor de heideontwikkeling/heischraal grasland en 7 jaar voor de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland (exclusief locatie 16 is dit respectievelijk 11 en 5 jaar). Dit maakt uitmijnen kansrijk (eventueel in combinatie met locatie 1, 3, 5 en 6 in deelgebied zuid-west). De GHG varieert van 40-70 cm-mv. De dikte van de bouwvoor is overwegend 15-20 cm. Aangezien lokaal sprake is van een verstoorde, matig verrijkte bodem onder de bouwvoor is (lokaal) aanvullend verschrallingsbeheer vereist na afgraving van alleen de bouwvoor. Zie figuur 4.8 en 4.9 voor een overzicht van de ruimtelijke variatie in de uitmijnperiode en het ontgrondingsadvies.

DEELGEBIED NOORD



Figuur 4.6. Enkele foto's van deelgebied noord.

Tabel 4.5. Overzicht van het grondgebruik, grondwaterstand (GWS = actuele grondwaterstand 24 oktober 2016, GLG/GHG = gemiddeld laagste en hoogste grondwaterstand, afgelezen uit het bodemprofiel), grondsoort, algemene bodemhorizont (HZT) en de bodemchemie per monsterlocatie waarbij 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. Pbs = voor planten beschikbare fosfaatfractie (Olsen-P/totaal-P) in mol/mol. -z = concentratie in een NaCl-extractie. BV = indicatie basenverzadiging. M3/5 = indicatieve verschrallingsduur (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 300-500 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P ondergrens 2,5 mmol/l); streefconcentratie ontwikkeling heide of schraalland. M12: idem op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 1200 $\mu\text{mol/l}$ (kruidenrijk grasland).

Nr	GWS	GLG	GHG	Grondsoort	HZT	V	MV	OS	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	pH-z	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	P-z	NO3-z	NH4-z	BV	M3/5	M12	
17	0-20	120	>150	85	Zand, bv	Ap	9	1,1	4,9	4645	22,1	0,21	72	8	23	2,5	4	9	3,8	837	3377	461	614	108,9	357	64	71	122	102
	20-35				Zand, geroerde uitsp.	Exx	10	1,1	4,8	2207	6,6	0,33	31	5	7	0,9	1	4	3,9	654	4379	329	800	75,7	281	41	80	19	14
	35-45				Zand, uitspoeling	E	4	1,3	0,6	954	2,6	0,37	23	3	2	1,4	1	2	4,2	303	1041	181	286	44,2	324	25	69	0	0
	45-55				Zand, uitspoeling	E	3	1,3	0,3	774	1,8	0,43	19	2	2	1,1	1	0	4,3	200	530	108	184	42,8	219	19	64	0	0
85-95				Zand, inspoeling	B	8	1,4	0,5	1174	3,2	0,36	46	4	6	3,1	4	1	4,4	385	950	152	331	22,5	448	14	65	2	0	
18	0-20	75	110	40	Zand, kleilig, bv	Apx	19	1,2	4,1	2205	15,3	0,14	85	11	33	4,3	9	8	4,6	149	6173	1241	2608	17,8	418	103	96	77	44
	20-30				Zand, sp. veen, sterk verst.	xx	19	1,3	4,1	946	5,1	0,19	136	14	25	4,9	10	7	4,8	122	6979	2222	2886	0,3	145	46	97	8	0
	30-40				Veenrestant, veraard	Ox	29	1,1	9,0	385	5,7	0,07	330	26	56	8,4	17	11	4,7	182	14296	3469	5705	0,2	183	158	96	2	0
	40-50				Zand, intact	BC	16	1,4	1,0	133	0,8	0,17	67	8	15	5,1	10	4	5,1	214	2773	551	1168	1,0	53	21	92	5	0
19	0-15	100	>150	50	Zand, bv	Ap	15	1,2	5,1	4430	26,7	0,17	106	21	22	4,6	6	7	4,6	136	9748	888	1369	66,8	604	80	97	112	91
	15-25				Zand, bv	Ap	14	1,1	4,9	4102	24,3	0,17	96	18	19	3,9	5	7	4,5	158	8973	997	1287	54,0	720	62	96	67	54
	25-35				Zand, inspoeling	CBc	7	1,4	0,9	1002	3,3	0,30	96	9	19	3,2	9	2	4,9	155	3629	1031	573	18,4	383	27	94	3	0
	35-45				Zand, inspoeling	CBc	6	1,4	0,6	349	1,1	0,33	73	6	18	1,8	8	1	4,8	132	2371	603	416	0,5	271	15	92	5	0
20	0-20	90	110	40	Zand, bv	Ap	18	1,1	6,9	3544	18,1	0,20	121	25	25	2,8	8	8	4,7	77	11471	619	2403	38,2	850	84	98	98	75
	20-30				Zand, lichte uitspoeling	EC	8	1,5	0,5	1069	3,0	0,36	69	7	16	2,3	8	1	5,0	45	3084	354	534	16,7	328	25	97	1	0
	30-40				Zand, lichte uitspoeling	EC	9	1,4	0,5	625	1,4	0,44	61	6	14	2,6	7	1	5,0	64	2968	322	533	5,4	352	19	96	0	0
	40-50				Zand, intact, roestvl.	C	14	1,5	0,7	151	0,7	0,20	93	9	22	6,0	13	2	5,1	54	3637	381	912	0,4	431	19	98	0	0
21	0-20	120	>150	70	Zand, bv	Ap	13	1,1	4,9	3545	22,4	0,16	83	26	18	3,5	6	7	5,0	71	10529	373	1968	9,9	846	11	99	122	93
	20-30				Zand, sterke inspoeling	B	8	1,2	1,6	716	3,3	0,22	89	14	13	4,2	9	3	5,4	73	6203	790	1488	0,6	527	14	98	2	0
	30-40				Zand, intact	BC	8	1,3	1,3	354	1,9	0,18	95	11	18	4,0	11	2	5,2	63	4383	776	1161	0,6	455	20	98	0	0
	40-50				Zand, intact	BC	7	1,3	1,0	296	2,0	0,15	101	12	21	4,2	14	2	5,3	84	3158	672	1011	0,7	422	14	97	0	0
22	0-20	110	>150	70	Zand, bv	Ap	15	1,2	5,1	3335	22,0	0,15	109	18	20	5,2	7	8	4,7	176	8499	1428	1925	22,7	1056	80	96	119	88
	20-30				Zand, intact	BC	8	1,4	1,2	597	2,7	0,22	119	10	25	4,2	13	2	5,0	157	3564	543	808	1,1	461	27	94	1	0
	30-40				Zand, intact	BC	8	1,4	0,9	557	2,1	0,26	107	8	21	2,5	11	2	4,9	142	3184	523	760	0,5	327	20	94	0	0
	40-50				Zand, intact	BC	7	1,5	0,7	460	1,9	0,24	99	10	25	3,0	12	1	5,0	133	3293	496	790	0,9	373	22	94	0	0
23	0-20	110	>150	75	Zand, bv	Ap	11	1,2	4,2	4025	24,8	0,16	91	14	38	4,8	8	6	4,5	199	6723	1433	1301	78,1	1146	89	94	137	109
	20-30				Zand, bv	Ap	10	1,1	4,0	3514	18,1	0,19	76	13	21	3,6	8	5	4,6	136	6641	1263	1533	59,2	1063	72	96	49	37
	30-40				Zand, intact	BC	5	1,4	0,5	370	2,0	0,18	74	6	20	3,3	10	1	4,8	156	1589	604	318	0,8	219	15	88	0	0
	40-50				Zand, intact	BC	5	1,4	0,5	216	1,4	0,15	59	3	17	2,6	8	1	5,0	137	1503	625	285	0,5	205	19	89	0	0

17. De zandige bouwvoor van 20 cm inclusief is verrijkt met fosfaat (totaal-P 22,1 mmol/l en Olsen-P 4645 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 32 jaar voor de ontwikkeling van een heide (Ca-t 8 mmol/l en Ca-z 3377 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer 20 cm wordt afgegraven is de bodem nog steeds verrijkt met fosfaat (totaal-P 6,6 en Olsen-P 2207 $\mu\text{mol/l}$) en resteert circa 20 jaar maaien en afvoeren (of 5 jaar uitmijnen) voor de ontwikkeling van een heide (Ca-t 5 mmol/l en Ca-z 4379 $\mu\text{mol/l}$). Vanaf 35 cm-mv is de bodem relatief P-arm (totaal-P 2,6 mmol/l en Olsen-P 954 $\mu\text{mol/l}$) en, mogelijk in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (vanwege de hoge Olsen-P concentratie) geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 3 mmol/l en Ca-z 1041 $\mu\text{mol/l}$).

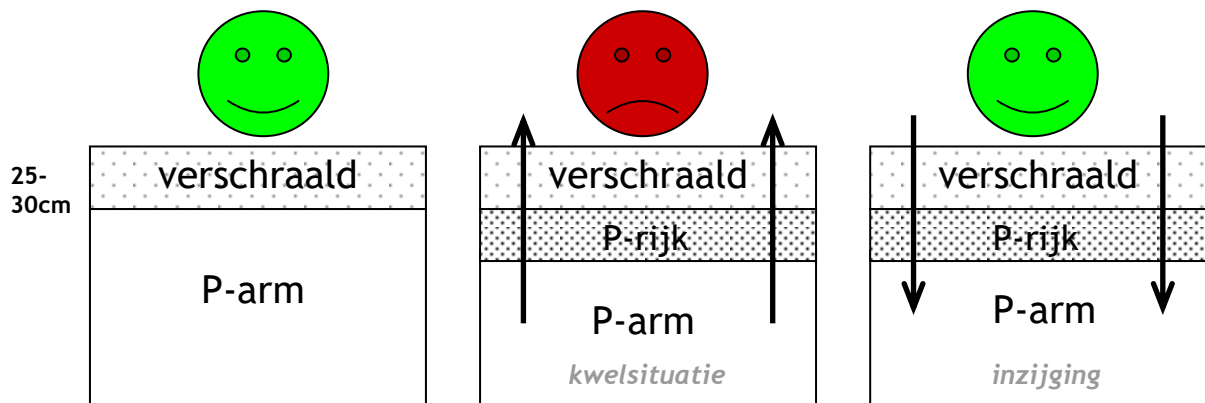
- 18.** De bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 15,3 mmol/l en Olsen-P 2205 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 20 jaar voor de ontwikkeling van een heide/heischraal grasland (Ca-t 11 mmol/l en Ca-z 6173 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heideontwikkeling). Wanneer 20 cm wordt afgegraven is de bodem beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 5,1 mmol/l en Olsen-P 946 $\mu\text{mol/l}$) en volstaat circa 8 jaar maaien en afvoeren voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide (Ca-t 14 mmol/l en Ca-z 6979 $\mu\text{mol/l}$). Op 30-40 cm-mv is een veraard veenrestant aangetroffen (lemig: 330 mmol/l tot-Al). In verband met de mineralisatie wordt geadviseerd deze veenrestanten onder de huidige droge omstandigheden niet het nieuwe maaiveld te laten vormen. Vanaf 40 cm-mv is de zandbodem P-arm (totaal-P 0,8 mmol/l en Olsen-P 133 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 8 mmol/l en Ca-z 2773 $\mu\text{mol/l}$).
- 19.** De zandige bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 24,3-26,7 mmol/l en Olsen-P 4102-4430 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 45 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 18 mmol/l en Ca-z 8973-9748 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide). Vanaf 25 cm-mv is de bodem relatief P-arm (totaal-P 3,3 mmol/l en Olsen-P 1002 $\mu\text{mol/l}$) en met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (i.v.m. de hoge Olsen-P concentratie) geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 9 mmol/l en Ca-z 3629 $\mu\text{mol/l}$). Vanaf 35 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 1,1 mmol/l en Olsen-P 349 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z 2371 $\mu\text{mol/l}$).
- 20.** De zandige bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 18,1 mmol/l en Olsen-P 3544 $\mu\text{mol/l}$) en (zeer) rijk aan nitraat (850 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 25 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 25 mmol/l en Ca-z 11471 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide). Vanaf 20 cm-mv is de bodem relatief P-arm (totaal-P 3,0 mmol/l en Olsen-P 1069 $\mu\text{mol/l}$) en met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (i.v.m. de hoge Olsen-P concentratie) geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 7 mmol/l en Ca-z 3084 $\mu\text{mol/l}$). Vanaf 30 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 1,4 mmol/l en Olsen-P 625 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z 2968 $\mu\text{mol/l}$).
- 21.** De zandige bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 22,4 mmol/l en Olsen-P 3545 $\mu\text{mol/l}$) en (zeer) rijk aan nitraat (846 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 31 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 26 mmol/l en Ca-z 10529 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide). Vanaf 20 cm-mv is de bodem relatief P-arm (totaal-P 3,3 mmol/l en Olsen-P 716 $\mu\text{mol/l}$) en met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (i.v.m. de hoge Olsen-P concentratie) geschikt voor de ontwikkeling van een heide/heischraal grasland (Ca-t 14 mmol/l en Ca-z 6203 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide). Vanaf 30 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 1,9 mmol/l en Olsen-P 354 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van heide/heischraal grasland (Ca-t 11 mmol/l en Ca-z 4383 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide).
- 22.** De zandige bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 22,0 mmol/l en Olsen-P 3335 $\mu\text{mol/l}$) en (zeer) rijk aan nitraat (1056 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 30 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 18 mmol/l en Ca-z 8499 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide). Vanaf 20 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 2,7 mmol/l en Olsen-P 597 $\mu\text{mol/l}$) en met mogelijk met een zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 10 mmol/l en Ca-z 3564 $\mu\text{mol/l}$).
- 23.** De zandige bouwvoor van 30 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 18,1-24,8 mmol/l en Olsen-P 3514-4025 $\mu\text{mol/l}$) en (zeer) rijk aan nitraat (1063-1146 $\mu\text{mol/l}$). De uitmijnperiode van de toplaag (0-25 cm) bedraagt 40 jaar voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 13-14 mmol/l en Ca-z 6641-6723 $\mu\text{mol/l}$; op termijn heide).

Vanaf 30 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 2,0 mmol/l en Olsen-P 370 µmol/l) en geschikt voor heideontwikkeling (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z 1589 µmol/l).

Synthese:

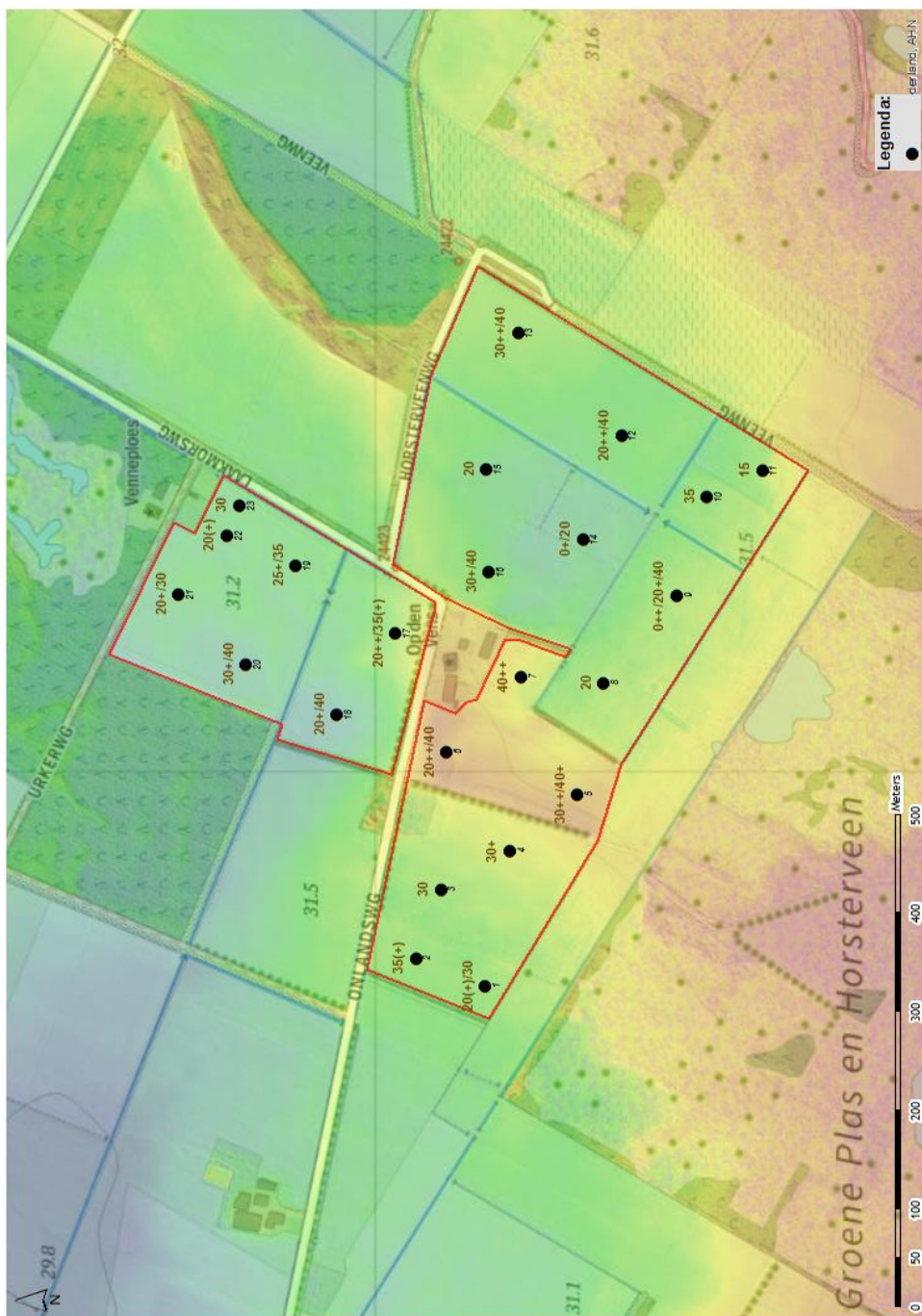
De gemiddelde uitmijnperiode van de toplaag in deelgebied noord bedraagt 32 jaar voor de heideontwikkeling/heischraal grasland en 22 jaar voor de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland. De GHG varieert overwegend van 40-75 cm-mv. De dikte van de bouwvoor is overwegend 20(-30) cm. De mate van uitspoeling is relatief beperkt waardoor het afgraven van de bouwvoor, lokaal in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (de totaal-P concentratie is relatief laag (<3-4 mmol/l) maar de Olsen-P locatie nog te hoog), een interessante optie is voor heideontwikkeling. Zie figuur 4.8 en 4.9 voor een overzicht van de ruimtelijke variatie in de uitmijnperiode en het ontgrondingsadvies.

De ruimtelijke variatie in de uitmijnperiode (van een bodempakket van 25 cm) wordt weergegeven in figuur 4.8. Op plekken waar de bodem onder de 25-30 cm eveneens verrijkt is met fosfaat (tabel 4.3-4.5) kan, wanneer de grondwaterinvloed in het maaiveld wordt hersteld (figuur 4.7), P-nalevering richting de verschrallde bodemlaag optreden. Dit zou echter kunnen leiden tot verrijking van de toplaag en verruiging of de noodzaak voor aanvullende verschralling. Onder invloed van ijzerhoudend grondwater is dit risico mogelijk klein. Wanneer sprake is van inzijging (zoals waarschijnlijk het geval is in het onderzoeksgebied) kan geen sprake zijn van P-transport naar bovenliggende bodemlagen. Vernatting van de huidige P-rijke toplaag zal leiden tot verruiging met pitrus.



Figuur 4.7. Schematisch overzicht van verschralling waarbij in een kwelsituatie fosfaat uit een rijkere bodemlaag (>25-30 cm-mv) naar de verschrallde toplaag getransporteerd kan worden (middelste figuur). Bij bodems die vanaf 25-30 cm-mv P-arm zijn (linker figuur) en bij inzijgsituaties (rechter figuur) is dit niet van toepassing.

De ruimtelijke variatie in het ontgrondingsadvies wordt weergegeven in figuur 4.9.



Figuur 4.9. Overzicht van de ruimtelijke variatie in het ontgrondingsadvies (in centimeters) voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden in het onderzoeksgebied, waarbij (+) = zeer beperkt aanvullend verschalingsbeheer vereist, + = beperkt aanvullend verschalingsbeheer vereist (± 10 jaar); ++ = aanvullend verschalingsbeheer vereist ($\pm 10-30$ jaar) en risico op verzuivering/pitrusontwikkeling. 0+ = toplaag aanvullend verschalingsbeheer, wanneer doelsoorten ontbreken na verschalingsbeheer de dichte soortenarme zode verwijderen en doelsoorten (her)introduceren.

De ontwikkelingsmogelijkheden worden samengevat in tabel 4.6. Deze indicatieve arceringen in tabel 4.6 horen bij de volgende klassen:

Tabel 4.6. Overzicht van de bodemchemie van de toplaag en de kansen voor verschraling door middel van uitmijnen en kansrijke onderliggende bodemlagen voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur door middel van een ontgroning. GLG/GHG = gemiddeld laagste en hoogste grondwaterstand (afgelezen uit het bodemprofiel). Advies (UM) = kansrijkdom voor verschraling van de huidige toplaag d.m.v. uitmijnen (arcering is indicatief voor de verschralingduur, zie ook kolom U-topl). Advies (cm's) = uitmijnmogelijkheden van de toplaag en een ontgrondingsadvies (in centimeters) voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden, waarbij + = beperkt aanvullend verschrulingsbeheer vereist (<±10 jaar); ++ = aanvullend verschrulingsbeheer vereist (±10-30 jaar) en risico op verzuuring/pitrusontwikkeling. HZT = algemene bodemhorizont, OS = percentage organische stof (gloeiverlies); Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in µmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem. -z = concentratie in een NaCl-extractie. M3/5 = indicatieve verschrulingsduur (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 300-500 µmol/l (totaal-P ondergrens 2,5 mmol/l); streefconcentratie ontwikkeling heide of schraalland. U-topl = uitmijnperiode (in jaren) van de toplaag van 25 cm bij een P-afvoer van 40 kg/ha/jr tot een Olsen-P concentratie van 300-500 µmol/l (totaal-P ondergrens 2,5 mmol/l). Tussen haakjes is de uitmijnperiode vermeld tot een Olsen-P concentratie van 1200 µmol/l (kruidenrijk grasland). Natuurpotentie = potentiële natuurtypen waarbij HEI = heide, HGL = heischraal grasland (* = na uitmijnen geschikt voor heischraal grasland i.v.m. verwachte noodzaak van bekalking bij het uitmijnbeheer; op de lange termijn mogelijk heideontwikkeling i.v.m. de kans op uitspoeling van calcium), BLG = blauwgrasland en KRG = kruidenrijk grasland; Bekalking = eenmalige bekalking geadviseerd na ontgroning (zie paragraaf 4.3). N.v.t. = voor een praktisch uitmijnadvies zijn andere, aanvullend analyses vereist (bemestings- en bekalkingsadvies).

Nr	GLG	GHG	Advies	Grondsoort (bijlage 1)	HZT	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	pH-z	Ca-z	K-z	P-z	M3/5	U-topl	Natuurpot.	Bekalking	
DEELGEBIED ZUID-WEST																					
1	0-20	>150	60	UM	Zand, bv	Ap	4,6	2119	10,4	53	17	11	1,1	4,8	7330	142	12,7	49	12 (7)	HGL*	n.v.t.
	20-30			20(+)	Zand, geroerde podzol	AxE	8,4	453	3,2	52	16	3	0,2	4,8	8117	247	1,2	1		HGL/HEI	nee
	30-40			30	Zand, licht geroerd	BCx	0,9	179	0,7	50	6	5	1,4	4,9	3233	230	0,4	0		HEI	ja
2	0-20	>150	70	UM	Zand, bv	Apx	4,4	3462	18,4	85	19	17	1,3	4,5	6891	181	41,0	99	29 (21)	HGL*	n.v.t.
	35-45			35(+)	Zand, licht geroerd	BCx	0,7	560	3,1	68	10	19	2,8	4,9	3119	104	3,5	1		HEI	ja
3	0-20	>150	70	UM	Zand, bv	Ap	5,2	2615	10,3	58	14	10	0,9	4,5	6951	510	6,5	49	16 (11)	HGL*	n.v.t.
	30-40			30	Zand, geroerde uitsp.	Ex	2,2	588	2,4	53	15	4	2,4	4,8	6711	131	2,1	0		HGL/HEI	nee
4	0-20	>150	80	UM	Zand, bv	Ap	5,9	3670	19,8	115	9	24	2,5	4,2	2867	196	10,1	108	33 (25)	HEI	n.v.t.
	30-40			30+	Zand, licht geroerd, roestvl.	Bxc	1,9	722	4,8	143	7	23	2,2	4,5	1921	174	1,4	6		HEI	ja
5	0-20	>150	90	UM	Zand, bv	Ap	6,8	3239	11,9	59	7	16	1,2	3,8	3581	228	43,3	59	19 (6)	HEI	n.v.t.
	30-40			30++	Zand, intact	BC	1,6	2258	8,0	112	5	17	2,9	4,1	1528	155	23,1	17		HEI	ja
	40-50			40+	Zand, intact	BC	1,5	1195	4,4	100	5	15	1,9	4,2	1123	174	2,8	6		HEI	ja
6	0-20	>150	120	UM	Zand, bv	Ap	7,9	3435	11,1	48	9	16	2,2	3,8	4128	1672	140,8	54	15 (12)	HEI	n.v.t.
	20-40			20++	Zand, intact esdek	Aan	8,7	1833	5,9	39	10	12	1,0	3,3	4941	1021	189,5	21		HEI	ja
	40-50			40	Zand, intact esdek	Aan	1,2	405	1,1	12	3	2	0,2	3,7	1059	324	98,9	0		HEI	ja
7	0-20	>150	80	UM	Zand, bv	Ap	9,4	3787	19,8	72	23	18	1,9	4,2	9734	398	56,7	108	33 (26)	HGL*	n.v.t.
	40-50			40++	Zand, roestvl.	BE	1,2	2587	7,0	61	7	11	1,8	4,4	2712	271	33,4	14		HEI	ja
DEELGEBIED ZUID-OOST																					
8	0-20	130	70	UM	Zand, afgegraven bv	Bpxx	3,7	2553	9,7	76	15	9	2,7	4,9	6060	2015	14,0	45	11 (8)	HGL*	n.v.t.
	20-40			20	Zand, sterk geroerd	BxxC	1,1	354	2,1	101	7	17	4,9	4,9	1902	1343	0,4	0		HEI	ja
9	0-20	>150	50	UM	Zand, afgegraven bv	Bpxx	3,7	1297	5,4	55	12	11	3,5	4,5	6914	343	6,2	18	5 (1)	HGL*	n.v.t.
	20-30			20+	Zand, afgegraven bv	Bpxx	5,2	876	4,0	65	13	11	3,7	4,5	8311	584	2,6	5		HGL/HEI	nee
	40-50			40	Zand, inspoeling	BC	1,8	221	0,9	73	8	10	3,5	4,5	3085	943	0,0	0		HEI	ja
10	0-15	100	30	UM	Zand, afgegraven bv	Bpxx	6,0	2511	13,6	78	20	23	3,7	4,8	9091	658	16,5	52	15 (8)	HGL*	n.v.t.
	35-45			35	Zand, intact	BC	0,8	184	0,6	53	8	15	2,9	4,7	2640	100	0,3	0		HEI	ja
11	0-15	90	30	UM	Zand, bv	Ap	9,1	1413	14,3	84	34	34	1,4	5,0	13457	38	5,1	48	12 (3)	HGL*	n.v.t.
	15-25			15	Zand, licht ger., roestvl.	BCx	0,7	589	2,2	63	8	13	1,8	5,0	3717	126	2,1	0		HEI	ja
12	0-20	100	40	UM	Zand, bv	Bpxx	4,9	1527	7,9	70	15	14	3,2	4,7	8381	283	7,1	34	10 (3)	HGL*	n.v.t.
	20-40			20++	Zand, geroerd	BCxx	4,3	1683	7,5	65	20	19	3,9	5,0	11069	400	5,7	31		HGL	nee
	40-50			40	Zand, geroerd	BCxx	2,5	363	1,5	71	18	21	3,8	5,3	6950	362	0,7	0		HGL	nee
13	0-20	>150	60	UM	Zand, bv	Ap	2,4	2164	12,3	52	9	11	2,3	4,9	4583	460	12,6	60	17 (9)	HEI	n.v.t.
	30-40			30++	Zand, verstoord	BxBC	2,7	1220	9,6	58	27	15	1,6	5,7	10443	196	6,9	20		HGL	nee
	40-50			40	Zand, intact	BC	1,0	108	0,9	70	18	14	3,3	6,1	7672	255	0,8	0		HGL	nee
14	0-20	120	60	UM	Zand, bv	Bpx	10,2	662	4,4	51	24	24	1,5	5,0	16607	127	2,6	9	2 (0)	HGL*	n.v.t.
	20-30			20	Zand, verstoord	BCxx	2,0	201	0,9	44	12	14	3,4	5,1	10053	151	2,4	0		HGL	nee
15	0-20	120	40	UM	Zand, bv	Ap	8,0	2104	12,5	74	26	20	2,1	5,0	11437	118	7,1	61	15 (8)	HGL*	n.v.t.
	20-30			20	Zand, sterk verstoord	XX	5,7	326	1,7	70	18	11	1,9	5,1	10498	95	1,8	0		HGL	nee
16	0-20	>150	70	UM	Zand, bv	Ap	4,6	2750	23,0	60	23	22	3,0	5,0	7521	132	79,9	123	35 (23)	HGL*	n.v.t.
	30-40			30+	Zand, sterk geroerd	BxxC	4,7	668	3,6	72	20	9	2,2	5,2	11081	157	1,5	3		HGL	nee
	40-50			40	Zand, intact, sporen veen	BC	1,5	356	1,2	60	12	12	3,1	5,3	6985	211	1,1	0		HGL/HEI	nee

Deze indicatieve arceringen in tabel 4.6 horen bij de volgende klassen:

Advies	Advies	org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t
Kansrijkdom uitmijnen (UM) toplaag # jaren	Kansrijkdom ontgronden (diepte varieert van 15-40 cm-mv)	%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l
zeer kansrijk <5	geschikt, geen aanvullend verschrulingsbeheer vereist	<5	<250	<10	<4000	<20
(zeer) kansrijk 6-10		6-10	251-400	11-20	4001-8000	21-50
kansrijk 11-20	+: geschikt, (zeer) beperkt aanvullend verschrulingsbeheer vereist (<10 jaar)	11-25	401-750	21-30	8001-15000	51-100
matig/beperkt geschikt 21-30		26-50	>750	31-50	15001-25000	101-150
ongeschikt I 31-40	++: matig geschikt, aanvullend verschrulingsbeheer vereist (11-30 jaar)	>50		51-80	25001-40000	151-300
ongeschikt II >40				>80	>40000	>300

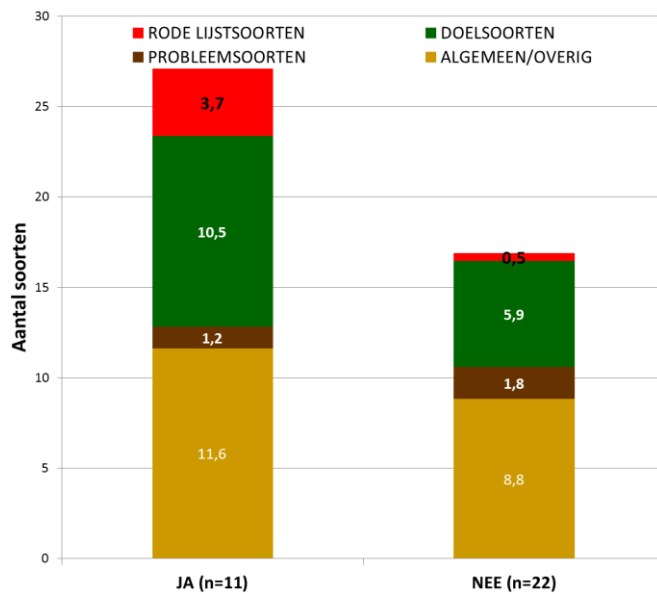
Tabel 4.6. Vervolg.

Nr	GLG	GHG	Advies	Grondsoort (bijlage 1)	HZT	OS	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	pH-z	Ca-z	K-z	P-z	M3/5	U-topl	Natuurpot.	Bekalking	
DEELGEBIED NOORD																					
17	0-20	>150	85	UM	Zand, bv	Ap	4,9	4645	22,1	72	8	23	2,5	3,8	3377	461	108,9	122	32 (27)	HEI	n.v.t.
	20-35			20++	Zand, geroerde uitosp.	Exx	4,8	2207	6,6	31	5	7	0,9	3,9	4379	329	75,7	19		HEI	ja
	35-45			35(+)	Zand, uitspoeling	E	0,6	954	2,6	23	3	2	1,4	4,2	1041	181	44,2	0		HEI	ja
18	0-20	110	40	UM	Zand, kleilig, bv	Apx	4,1	2205	15,3	85	11	33	4,3	4,6	6173	1241	17,8	77	20 (11)	HEI/HGL*	n.v.t.
	20-30			20+	Zand, sp. veen, sterk verst.	xx	4,1	946	5,1	136	14	25	4,9	4,8	6979	2222	0,3	8		HGL/HEI	nee
	40-50			40	Zand, intact	BC	1,0	133	0,8	67	8	15	5,1	5,1	2773	551	1,0	0		HEI	ja
19	0-15	>150	50	UM	Zand, bv	Ap	5,1	4430	26,7	106	21	22	4,6	4,6	9748	888	66,8	112	45 (36)	HGL*	n.v.t.
	25-35			25+	Zand, inspoeling	CBc	0,9	1002	3,3	96	9	19	3,2	4,9	3629	1031	18,4	3		HEI	ja
	35-45			35	Zand, inspoeling	CBc	0,6	349	1,1	73	6	18	1,8	4,8	2371	603	0,5	0		HEI	ja
20	0-20	110	40	UM	Zand, bv	Ap	6,9	3544	18,1	121	25	25	2,8	4,7	11471	619	38,2	98	25 (19)	HGL*	n.v.t.
	20-30			30+	Zand, lichte uitspoeling	EC	0,5	1069	3,0	69	7	16	2,3	5,0	3084	354	16,7	1		HEI	ja
	30-40			40	Zand, lichte uitspoeling	EC	0,5	625	1,4	61	6	14	2,6	5,0	2968	322	5,4	0		HEI	ja
21	0-20	>150	70	UM	Zand, bv	Ap	4,9	3545	22,4	83	26	18	3,5	5,0	10529	373	9,9	122	31 (23)	HGL*	n.v.t.
	20-30			20+	Zand, sterke inspoeling	B	1,6	716	3,3	89	14	13	4,2	5,4	6203	790	0,6	2		HGL/HEI	nee
	30-40			30	Zand, intact	BC	1,3	354	1,9	95	11	18	4,0	5,2	4383	776	0,6	0		HGL/HEI	nee
22	0-20	>150	70	UM	Zand, bv	Ap	5,1	3335	22,0	109	18	20	5,2	4,7	8499	1428	22,7	119	30 (22)	HGL*	n.v.t.
	20-30			20(+)	Zand, intact	BC	1,2	597	2,7	119	10	25	4,2	5,0	3564	543	1,1	1		HEI	ja
23	0-20	>150	75	UM	Zand, bv	Ap	4,2	4025	24,8	91	14	38	4,8	4,5	6723	1433	78,1	137	40 (2)	HGL*	n.v.t.
	30-40			30	Zand, intact	BC	0,5	370	2,0	74	6	20	3,3	4,8	1589	604	0,8	0		HEI	ja

4.3. Aanvullende inrichtingsmaatregelen

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 kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes of kruidenrijke graslanden op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hier van profiteren.

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 en ontwikkeling van het bodemleven 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. 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 (figuur 4.10).



Figuur 4.10. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. 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 schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. Rechts: Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland 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.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel (figuur 4.10 en figuur 4.11) waarbij idealiter 1m^2 vers verzameld maaisel over $1(-2)\text{m}^2$ 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. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels 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.

Jaarlijks maaien en afvoeren (gemiddelde P-afvoer 10kg/ha/jr) is op (sterk) met fosfaat verrijkte percelen niet optimaal voor een efficiënte afvoer van fosfaat. Een alternatief is uitmijnen (gemiddelde P-afvoer 40kg/ha/jr): een 'natuurvriendelijke' vorm van het voeren van intensieve landbouw. Wanneer de huidige zode voldoende productieve soorten bevat kan met behulp van stikstof- en kalibemesting de P-afvoer worden vergroot. Wanneer deze te weinig productieve soorten bevat wordt geadviseerd om in te zaaien met een grasklaver mengsel. In combinatie met aanvullende kalibemesting wordt de productiviteit, en daarmee ook de P-afvoer, geoptimaliseerd. Hiervoor kunnen door middel van aanvullende analyses door het Louis Bolk Instituut gerichte bemestingsadviezen worden opgesteld. De percelen dienen gedurende een

lange periode voldoende droog te vallen zodat 4-5 snedes gemaaid kunnen worden. Dit maakt het nemen van vernattingsmaatregelen meestal niet mogelijk.



Figuur 4.11. Het uitstrooien van heideplagsel en het resultaat na vier jaar. Foto's: Michael Roosmalen, Stichting Het Limburgs Landschap.

Er wordt lokaal een eenmalige bekalking geadviseerd op calciumarme zure zandbodems (of op zwak gebufferde bodemlagen met een zure ondergrond). Als gevolg van verzuring (afname grondwaterinvloed en/of verzurende processen als ammoniumoxidatie) heeft uitspoeling van onder andere Ca, Mg en K plaatsgevonden waardoor er mineraalgebrek kan optreden in planten en er sprake kan zijn van Al toxiciteit (bij een hoge Al/Ca ratio in het zoutextract). Het herstel van de buffering kan bijdragen aan de ontwikkeling van een soortenrijkere heide en/of heischraal grasland. Over het algemeen volstaat een eenmalige bekalking van 2000 kg Dolokal per hectare.

Uit onderzoek (De Graaf et al., 2009) is tevens gebleken dat in soortenarme heideterreinen de kaliumconcentraties in het zoutextract lager zijn (mediane waarde (10-90 percentielen): 153 (88-380) $\mu\text{mol/kg}$) dan in soortenrijke heiden en heischrale graslanden (283 (110-872) $\mu\text{mol/kg}$). Uit de dataset van B-WARE zijn er indicaties dat toedienen van Dolokal het uitspoelen van K bespoedigt. Dit is ook niet onlogisch aangezien door oplossen van Ca- en Mg-carbonaten uit de Dolokal, de concentratie aan Ca^{2+} en Mg^{2+} ionen in het bodemvocht sterk toeneemt waardoor K^+ van het bodemcomplex wordt verdrongen. Het is daarom raadzaam om, zeker wanneer sprake is van relatief een K-arme bodem ook een ander, relatief K-rijk, steenmeel toe te dienen (bijvoorbeeld Vulkamin). K-gebrek leidt niet alleen tot groeistoornissen (o.a. slechte doorworteling) maar induceert ook een stikstofoverschot in de plant en maakt deze daardoor gevoeliger voor vraat en ziekten. Dit verschijnsel treedt in de Maasduinen op bij Jeneverbes en Zomereik (Lucassen et al., 2011, 2014) en het is aannemelijk dat dit zo ook werkt bij kruiden. Op de locaties waar een eenmalige bekalking wordt geadviseerd, wordt aanbevolen om te bekalken met 2000 kg Dolokal en (i.v.m. de relatief lage K-concentraties) 1000 kg K-rijk steenmeel (bijvoorbeeld Vulkamin) per hectare.

5. 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.
- Bergsma, H.L.T., J.J. Vogels, M.J. Weijters, R. Bobbink, A.J.M. Jansen & L. Krul (2016). Tandrot in de bodem. Hoeveel biodiversiteit kan de huidige minerale bodem nog ondersteunen? *Bodem februari*: 25-27.
- Chambers, B.J., CN.R. Critchley, J.A. Fowbert, A. Bhogal & S.C. Rosé (1999). Soil nutrient status and botanical composition of grasslands in English environmentally sensitive areas. Report MAFF Project 8D1429, ADAS Gleadthorpe & Newcastle, UK.
- Gilbert, J., D. Gowing & H. Wallace (2009). Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142(5):1074-1083.
- 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.
- 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.P.M., M. de Graaf, R. Bobbink & J. Roelofs (1997). Verzuring en eutrofiëring van blauwgraslanden. *De Levende Natuur* 98 (7): 246-252
- Lucassen, E., E. Brouwer, J. Roelofs & F. Smolders (2015). Bekalkingsproeven in de Hatertse vennen. B-WARE rapport 2016.27. In opdracht van Smeding Advies.
- Lucassen, E., Van den Berg, L., Aben, R., Smolders, A., Roelofs, R. & R. Bobbink (2014) Bodemverzuring en achteruitgang zomereik. *Landschap* 4: 185-193.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Loeffen, L., Popma, J., Verbaarschot, E., E. Remke, S, de Kort & J. Roelofs (2011). Bodemverzuring lijkt een sleutelrol te spelen in het verstoorde verjongingsproces van jeneverbes (*Juniperus communis*). *De Levende Natuur* 112 (6): 235-239.
- Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2002). Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* 120: 635-646.
- Mullekom, M. van, F. Smolders & B. Timmermans (2016). Van landbouw naar natuur: Een efficiënte en effectieve aanpak. Onderzoekcentrum B-WARE en het Louis Bolk Instituut. Eerste druk 2014.
- 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 (2012). Bodem- en hydrochemisch onderzoek naar de natuurontwikkelingskansen in de randzone van het Korenburgerveen. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer 2011.39. In opdracht van Natuurmonumenten.
- 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.

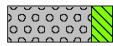
- Olsen S.R., Cole C.W., Watanabe R. & Dean L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dpt. of Agriculture circular 939.
- Roelofs, J.G.M. (1993). De fragiele balans tussen verzuring en verbasing in blauwgraslanden. In: E.J. Weeda (red.), Blauwgraslanden in Twente; Schatkamers van het natuurbehoud: 32-38. Wet. Med. nr. 209, KNNV, Utrecht.
- Sival, F.P. & W.J. Chardon (2004). Natuurontwikkeling op fosfaatverzadigde gronden: fosfaatonttrekking door een gewas. Rapport 1090, Alterra Wageningen.
- Smolders, A., J.G.M. Roelofs & E.C.E.T. Lucassen (2011). Goede grond voor natuur - Abiotische bodemcondities sturen vegetatieontwikkeling in natuurgebieden. *Bodem* 2: 11-13.
- 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., E.C.H.E.T. Lucassen, M. van der Aalst, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2008). Decreasing the abundance of *Juncus effusus* on former agricultural lands with noncalcareous sandy soils: possible effects of liming and soil removal. *Restoration Ecology* 16: 240-248.
- 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.
- Timmermans, B. & N. van Eekeren (2016). Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* 45: 701-708.
- Tomassen, H.B.M., A.P. Grootjans & A.J.P. Smolders (2011). Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap. Herkomst van CO₂ voor hoogveengroei en basenverzadiging in hoogveentjes. Eindrapport deel 3. Rapport nr. 2011/OBN147-3-NZ

Bijlage 1. Profielbeschrijvingen

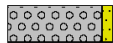
Profielbeschrijvingen conform NEN5104. Deze zijn opgesteld door het Veldwerkbureau (Jan Vermeer).

Legenda:

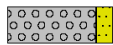
grind



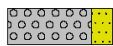
Grind, siltig



Grind, zwak zandig



Grind, matig zandig



Grind, sterk zandig



Grind, uiterst zandig

zandtest



Zandtest, kleiig



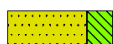
Zandtest, zwak siltig



Zandtest, matig siltig



Zandtest, sterk siltig



Zandtest, uiterst siltig

veen



Veen, mineraalarm



Veen, zwak kleiig



Veen, sterk kleiig



Veen, zwak zandig



Veen, sterk zandig

klei



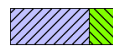
Klei, zwak siltig



Klei, matig siltig



Klei, sterk siltig



Klei, uiterst siltig



Klei, zwak zandig



Klei, matig zandig



Klei, sterk zandig

leem



Leem, zwak zandig



Leem, sterk zandig

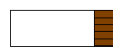
overige toevoegingen



zwak humeus



matig humeus



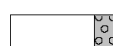
sterk humeus



zwak grindig



matig grindig



sterk grindig

geur

- geen geur
- ◐ zwakke geur
- ◑ matige geur
- ◒ sterke geur
- ◓ uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- ▣ zwakke olie-water reactie
- ▤ matige olie-water reactie
- ▥ sterke olie-water reactie
- ▦ uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

- ⊗ >0
- ⊗ >1
- ⊗ >10
- ⊗ >100
- ⊗ >1000
- ⊗ >10000

monsters

- ▬ geroerd monster
- ▬ ongeroerd monster
- volumering

overig

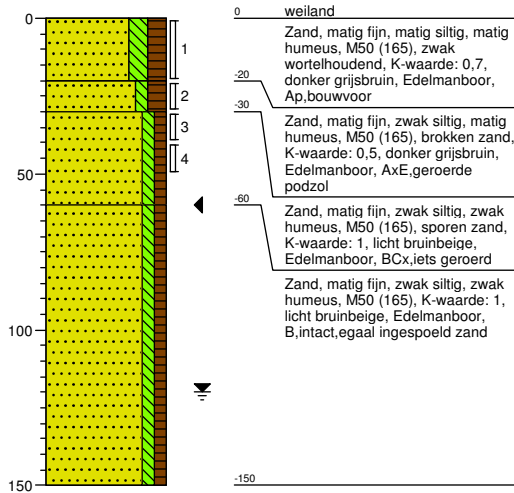
- ▲ bijzonder bestanddeel
- ◀ Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- ≡ grondwaterstand
- ◆ Gemiddeld laagste grondwaterstand

- ▨ slib
- ▩ water

Boring: 01

X: 249781,00
 Y: 461888,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 120
 GHG: 60

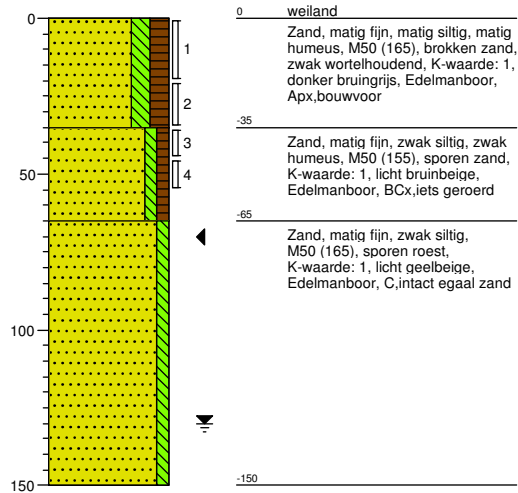
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 02

X: 249810,00
 Y: 461959,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 130
 GHG: 70

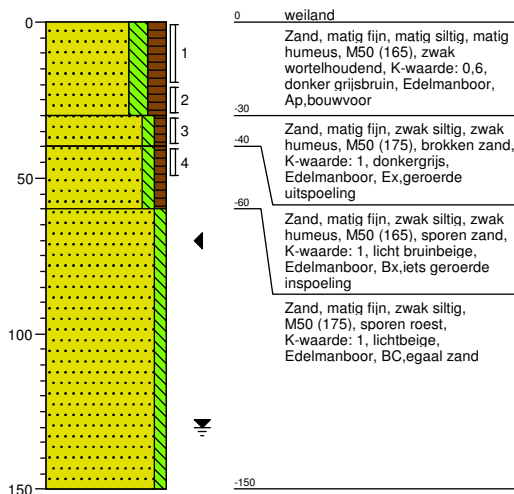
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 03

X: 249880,00
 Y: 461933,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 130
 GHG: 70

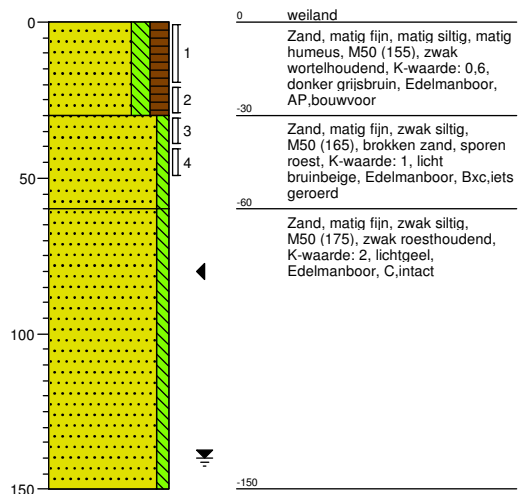
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 04

X: 249919,00
 Y: 461863,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 140
 GHG: 80

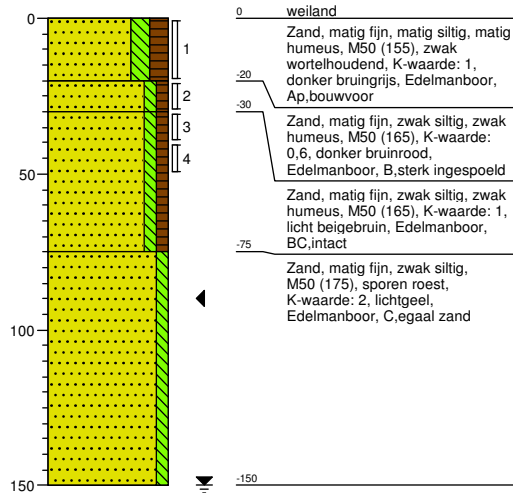
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 05

X: 249976,00
Y: 461794,00
Datum: 24-10-2016
GWS: 150
GHG: 90

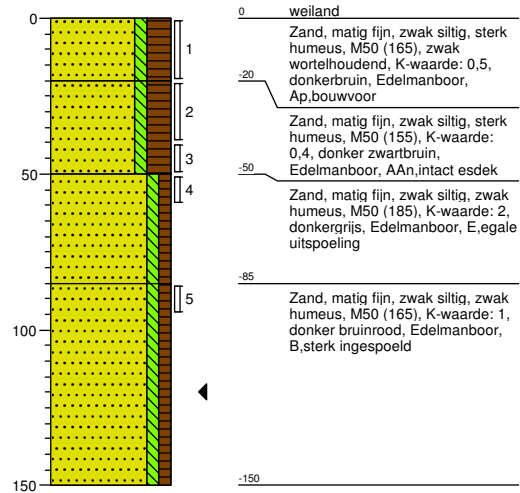
in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer



Boring: 06

X: 250019,00
Y: 461928,00
Datum: 24-10-2016
GHG: 120

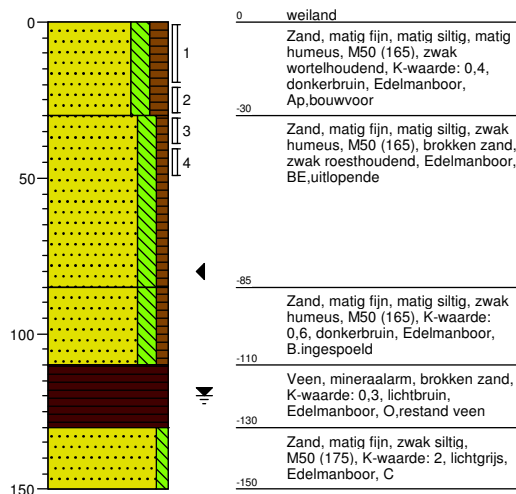
in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer



Boring: 07

X: 250095,00
Y: 461852,00
Datum: 24-10-2016
GWS: 120
GHG: 80

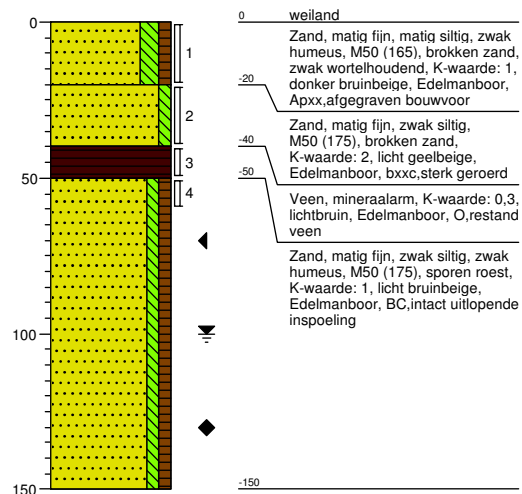
in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer



Boring: 08

X: 250090,00
Y: 461767,00
Datum: 24-10-2016
GWS: 100
GHG: 70
GLG: 130

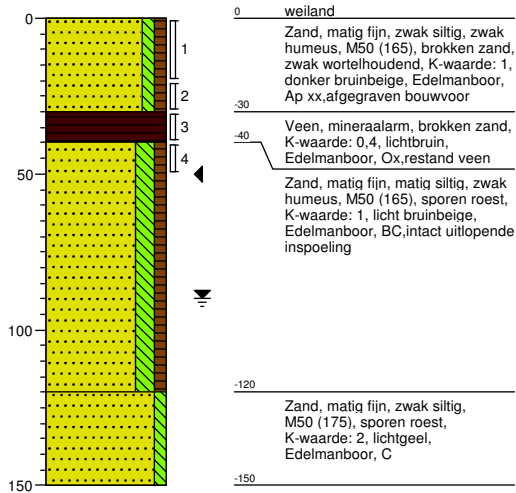
in m t.o.v. NAP
Boormeester J. Vermeer



Boring: 09

X: 250178,00
 Y: 461693,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 90
 GHG: 50

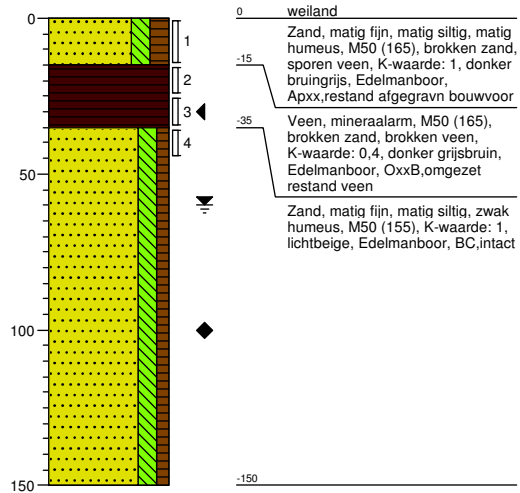
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 10

X: 250278,00
 Y: 461662,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 60
 GHG: 30
 GLG: 100

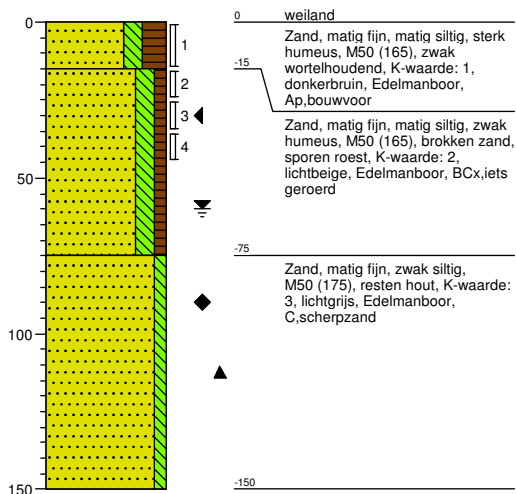
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 11

X: 250305,00
 Y: 461605,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 60
 GHG: 30
 GLG: 90

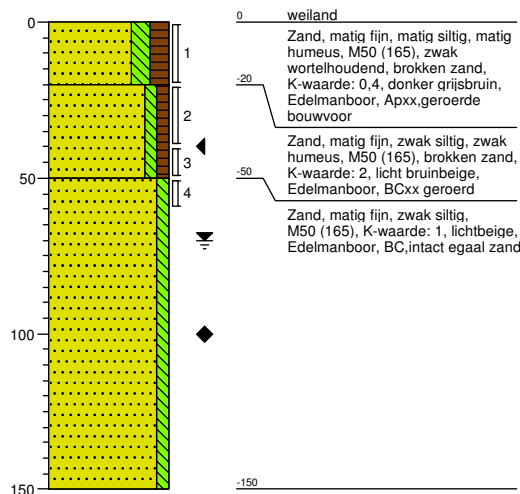
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 12

X: 250341,00
 Y: 461749,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 70
 GHG: 40
 GLG: 100

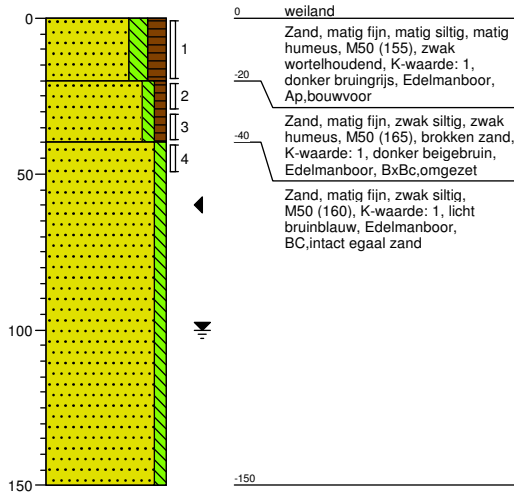
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 13

X: 250446,00
 Y: 461854,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 100
 GHG: 60

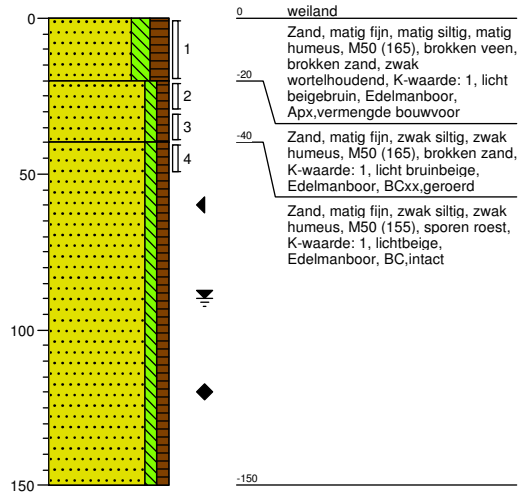
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 14

X: 250236,00
 Y: 461788,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 90
 GHG: 60
 GLG: 120

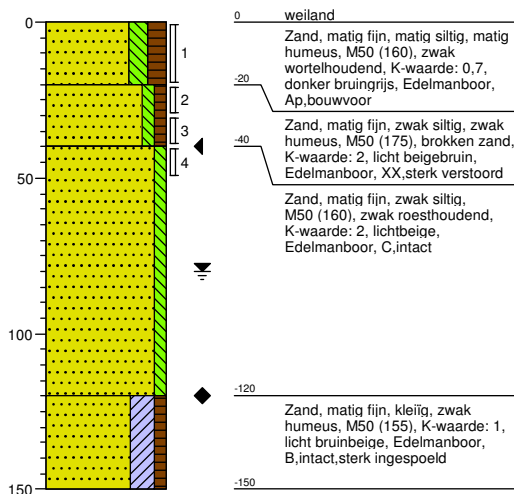
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 15

X: 250306,00
 Y: 461887,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 80
 GHG: 40
 GLG: 120

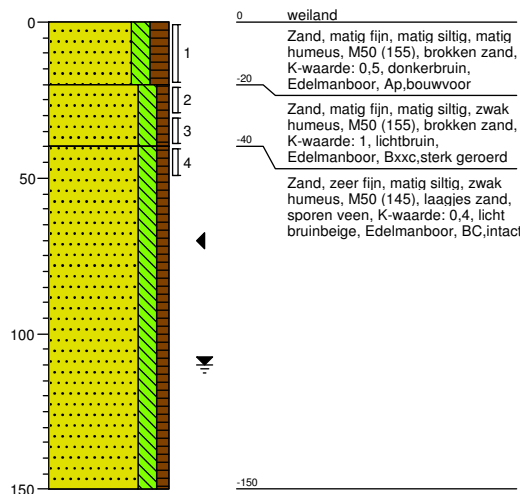
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 16

X: 250202,00
 Y: 461884,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 110
 GHG: 70

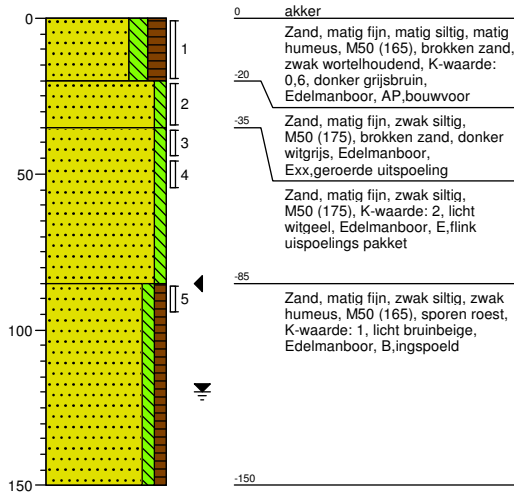
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 17

X: 250140,00
 Y: 461980,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 120
 GHG: 85

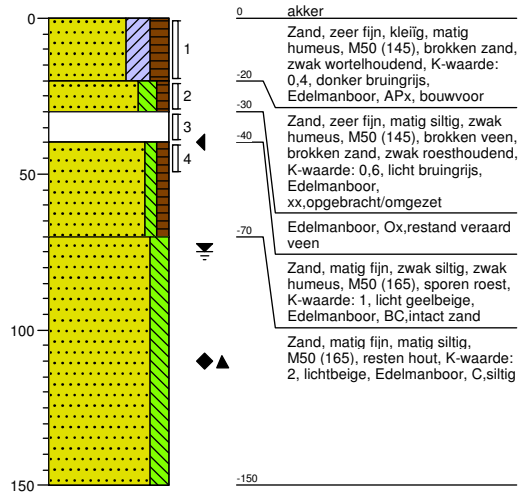
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 18

X: 250057,00
 Y: 462039,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 75
 GHG: 40
 GLG: 110

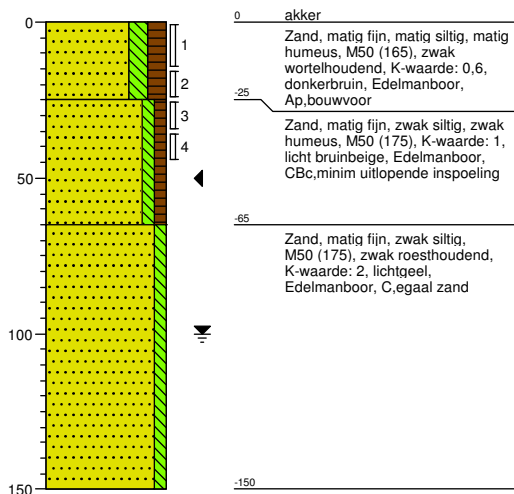
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 19

X: 250209,00
 Y: 462081,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 100
 GHG: 50

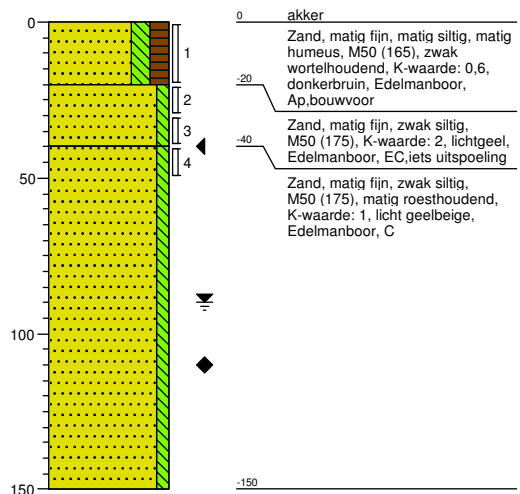
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 20

X: 250108,00
 Y: 462132,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 90
 GHG: 40
 GLG: 110

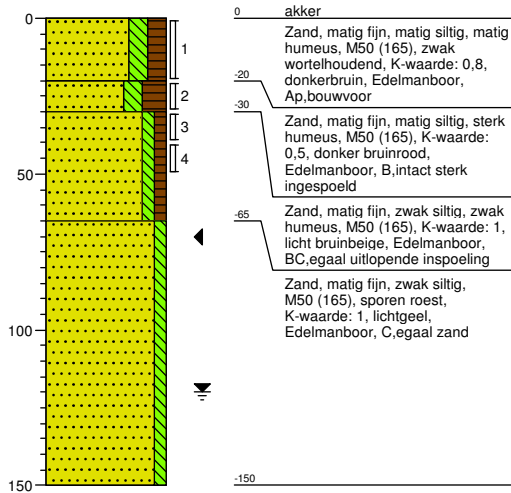
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 21

X: 250180,00
 Y: 462201,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 120
 GHG: 70

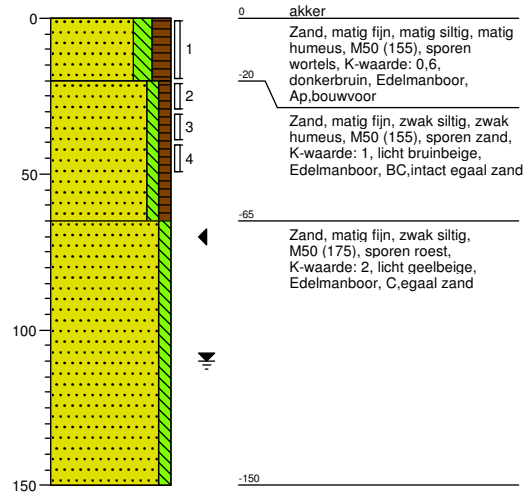
in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 22

X: 250239,00
 Y: 462151,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 110
 GHG: 70

in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer



Boring: 23

X: 250270,00
 Y: 462139,00
 Datum: 24-10-2016
 GWS: 110
 GHG: 75

in m t.o.v. NAP
 Boormeester J. Vermeer

