

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK SCHAANGEDENEN



- *Conceptrapportage* -

Opdrachtgever: Prolander • Auteurs: E.V. & R.L. • Projectnummer: PR-22.047 • Rapportnummer:
RP-22.047.22.55 • Datum: 7-7-2022

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK SCHAANGEDENEN

Conceptrapportage



Titel rapport:

Bodemchemisch onderzoek Schaangedennen

Auteurs:

E.V. & R.L.

Rapportnummer: 22.047.22.55

Opdrachtgever:

Prolander

Informatie:

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

Contactpersoon:

R.L.

Tel: 024-.....

www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, 2022

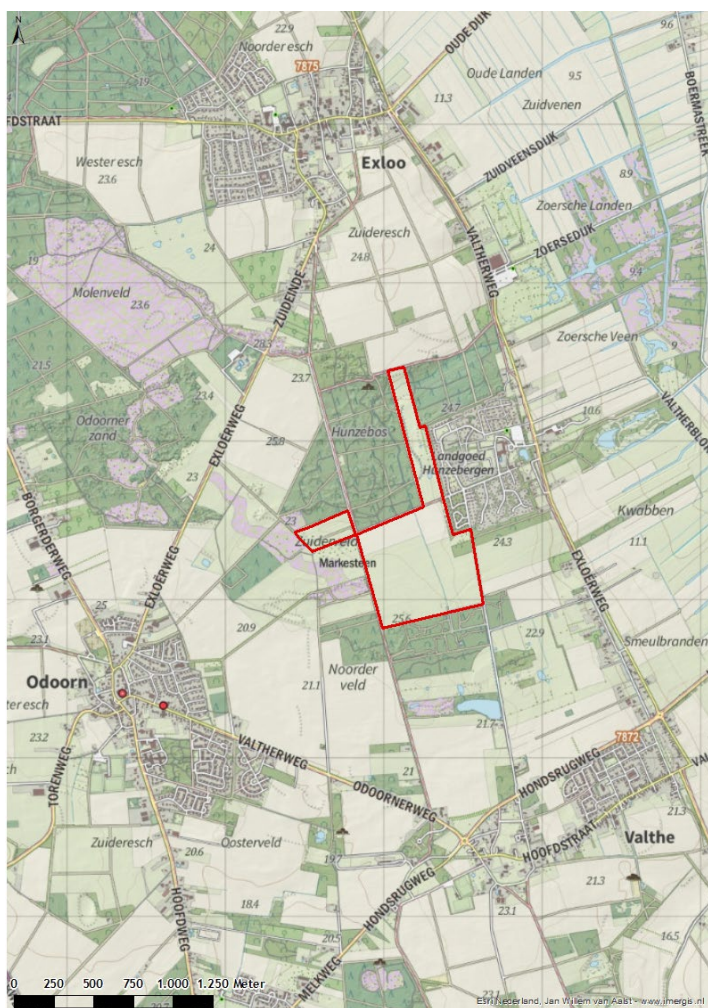
INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek	1
1.3 Leeswijzer	2
2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond	3
2.1 Belang fosfaatlimitatie	3
2.2 Fosfaatbeschikbaarheid	3
2.3 Verschrallingsmaatregelen	4
2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen	6
3. Materiaal en methoden	7
3.1 Veldwerkzaamheden	7
3.2 Chemische analyse	9
3.3 Berekening verschrallingsduur	11
4. Resultaten bodemchemisch onderzoek	13
4.1 Inleiding	13
4.2 Bodemopbouw	14
4.3 Algemene bodemchemie	16
4.4 Kansen voor natuurontwikkeling	17
4.5 Aanvullende maatregelen	35
5. Conclusies	39
5.1 Belangrijkste conclusies bodemchemie	39
5.2 Aanbevelingen	39
6. Literatuur	40

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Het deelgebied Schaangedennen maakt deel uit van het deelprogramma Hunze in het programma Natuurlijk Platteland (PNP) van de provincie Drenthe. Prolander begeleidt de inrichting van de Schaangedennen en heeft Onderzoekcentrum B-WARE gevraagd om een bodemchemisch onderzoek uit te voeren. De Schaangedennen heeft een oppervlakte van 59 ha waarvan 53,9 ha nog moet worden ingericht. Het gebied ligt in de driehoek tussen de kernen Odoorn, Exloo en Valthe (Figuur 1). Het gebied wordt voornamelijk ingericht voor de doelsoorten knoflookpad en kleine schorseneer. Beide doelsoorten komen voor in heischraal grasland of droge heide vegetaties.



Figuur 1. Overzicht van de ligging van het onderzoeksgebied de Schaangedennen (rood omrand).

1.2 Aanpak bodemchemisch onderzoek

Door middel van een bodemchemisch onderzoek werd de fosfaatrijkdom van de bodem en de natuurpotenties bepaald. Op 28 locaties werden daarvoor op verschillende diepten bodemonsters verzameld en chemisch geanalyseerd. Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten is aangegeven op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor

soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschrallingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Concreet worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en wat is de verschrallingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijke natuur (hoog ambitieniveau) of bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland (lager ambitieniveau)?
2. Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie?
3. Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?
4. Welke locaties zijn het meest geschikt voor de realisatie van het habitat van kleine schorseneer?

1.3 Leeswijzer

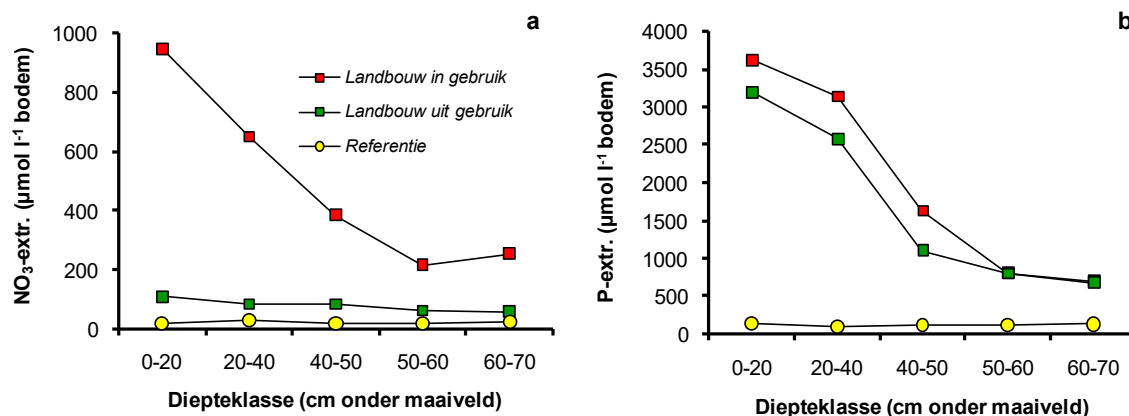
In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek gepresenteerd en de kansen voor de natuurontwikkeling plus de mogelijke (inrichtings)maatregelen die daarvoor nodig zijn toegelicht. In hoofdstuk 5 staan de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. Hoofdstuk 6 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur.

2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGROND

2.1 Belang fosfaatlimitatie

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.3).



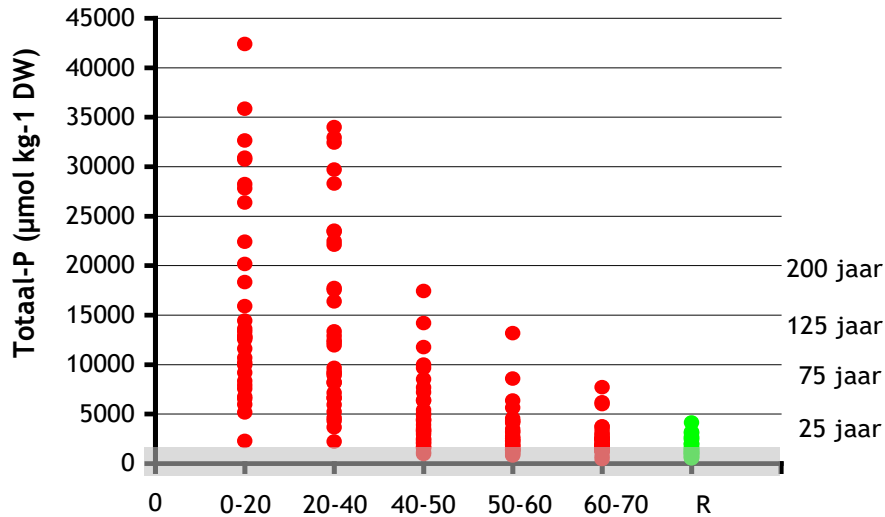
Figuur 2. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

2.2 Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid nauwelijks door uitspoeling af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen

geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 3. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

2.3 Verschrallingsmaatregelen

Verschralling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

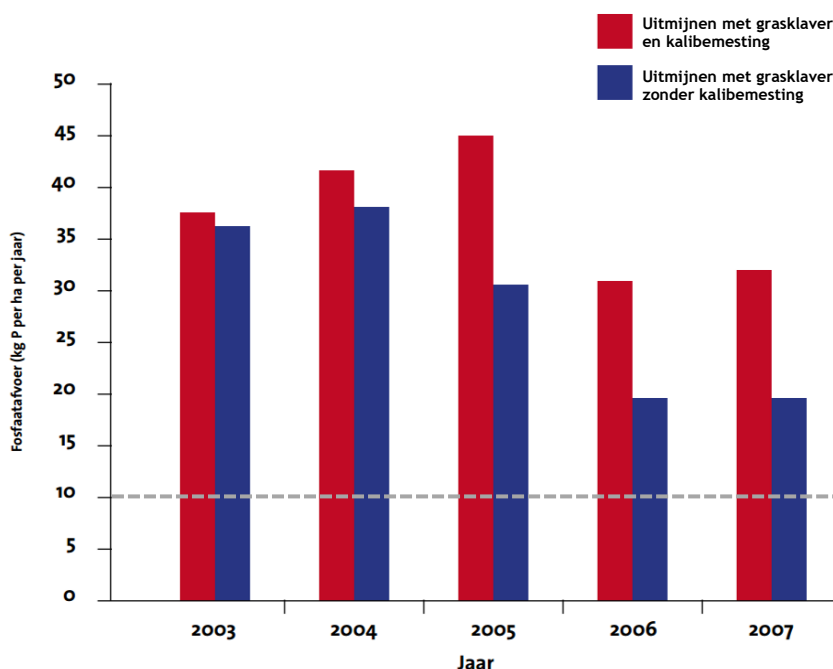
Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij

sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 3, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte vershraling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste vershralingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 4. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgroning kan een snelle vershraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen

de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.4), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgroning van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

2.4 Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschrallingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschralling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inziigt op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschrallen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

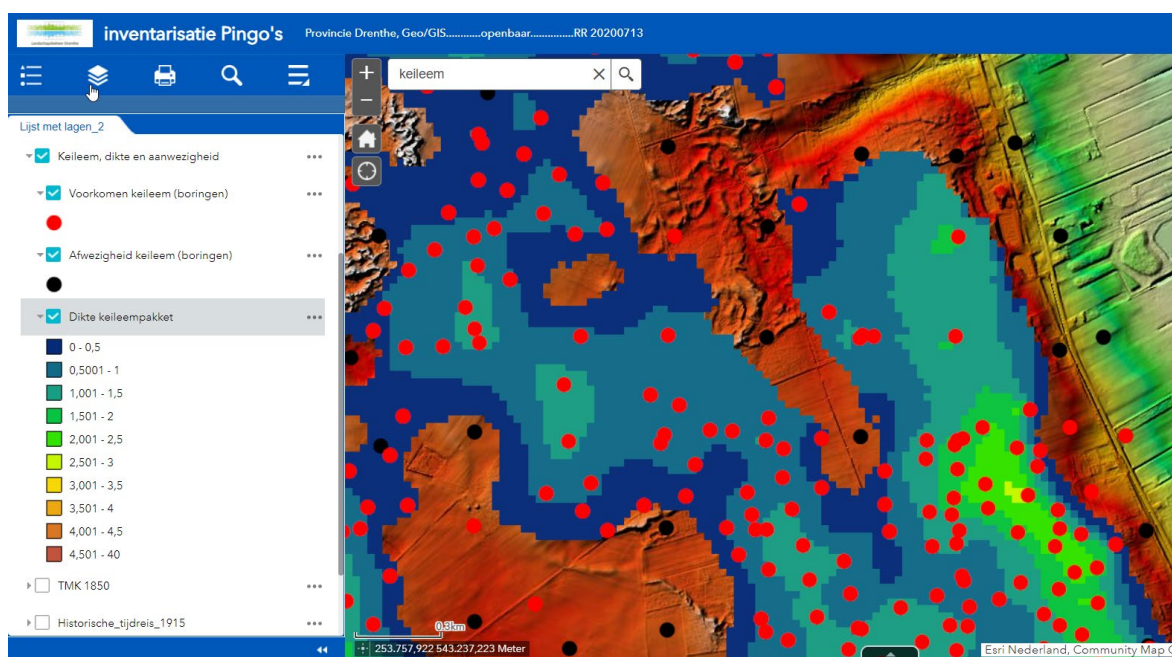
3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Veldwerkzaamheden

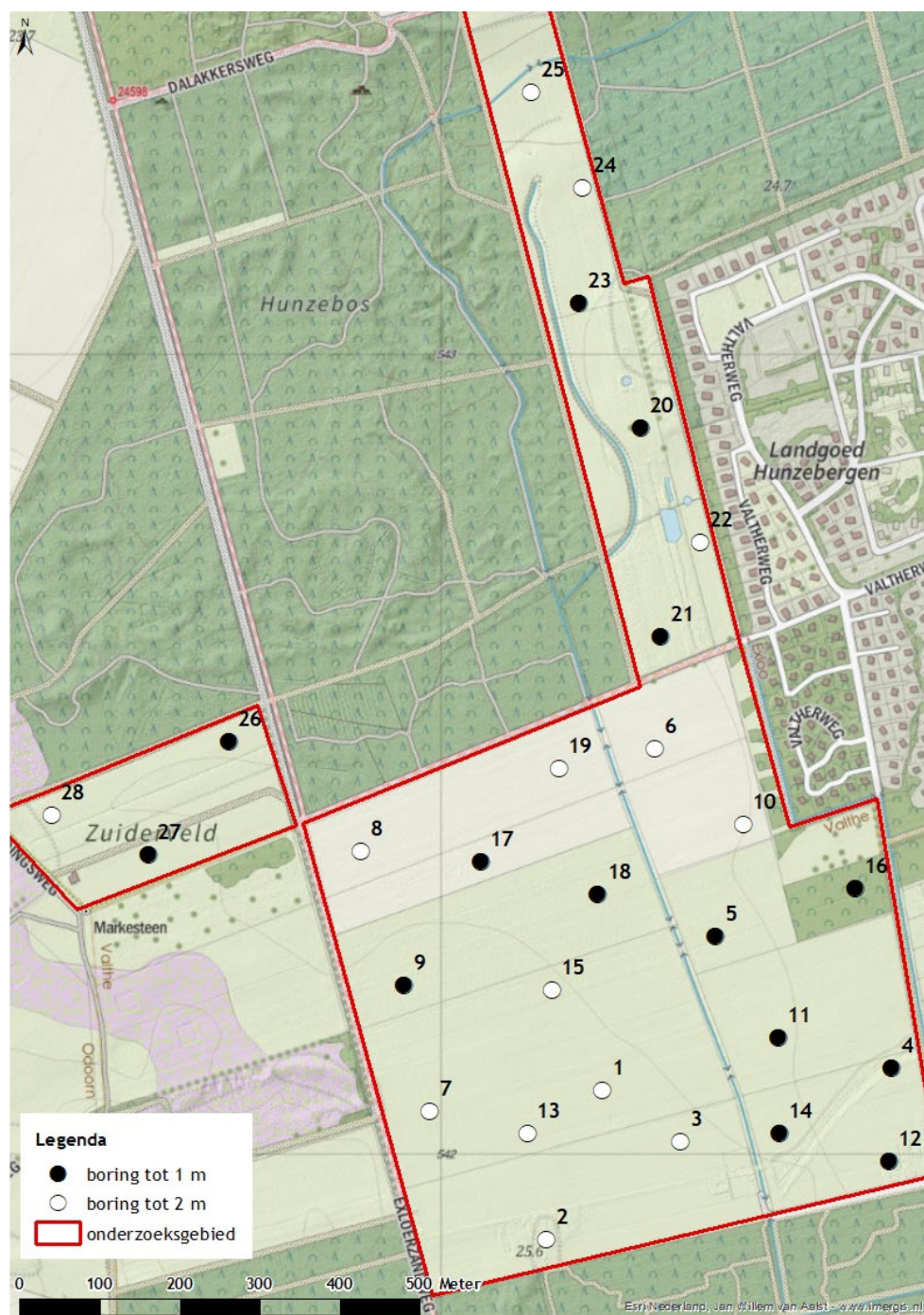
Op 9 mei 2022 werd op 28 locaties boringen gezet, waarvan 14 tot 200 cm onder maaiveld. Voor de exacte ligging van de boorlocaties zie Figuur 6 en Figuur 7. De locaties waar boringen tot 2 meter werden verricht, werden geselecteerd op grond van de dichtheid van monsterpunten die al bij de Provincie Drenthe bekend waren (zie Figuur 5), waarbij ervoor gezorgd werd dat ook de stuifzandwelving die vanuit het Zuiderveld doorloopt in de Schaangedennen meegenomen werd (monsterpunten 2, 7 en 13). Op deze welving bevindt zich in het Zuiderveld de groeiplaats van kleine schorseneer. De boringen werden verricht met een Edelmanboor. Op elke locatie werden op vier dieptes bodemonsters verzameld, waarbij de volgende bemonsteringsstrategie werd gehanteerd:

- Toplaag (0-10 cm-mv);
- Onderkant bouwvoor (0-10 cm);
- 0-10 cm onder de bouwvoor en
- 10-20 cm onder de bouwvoor.

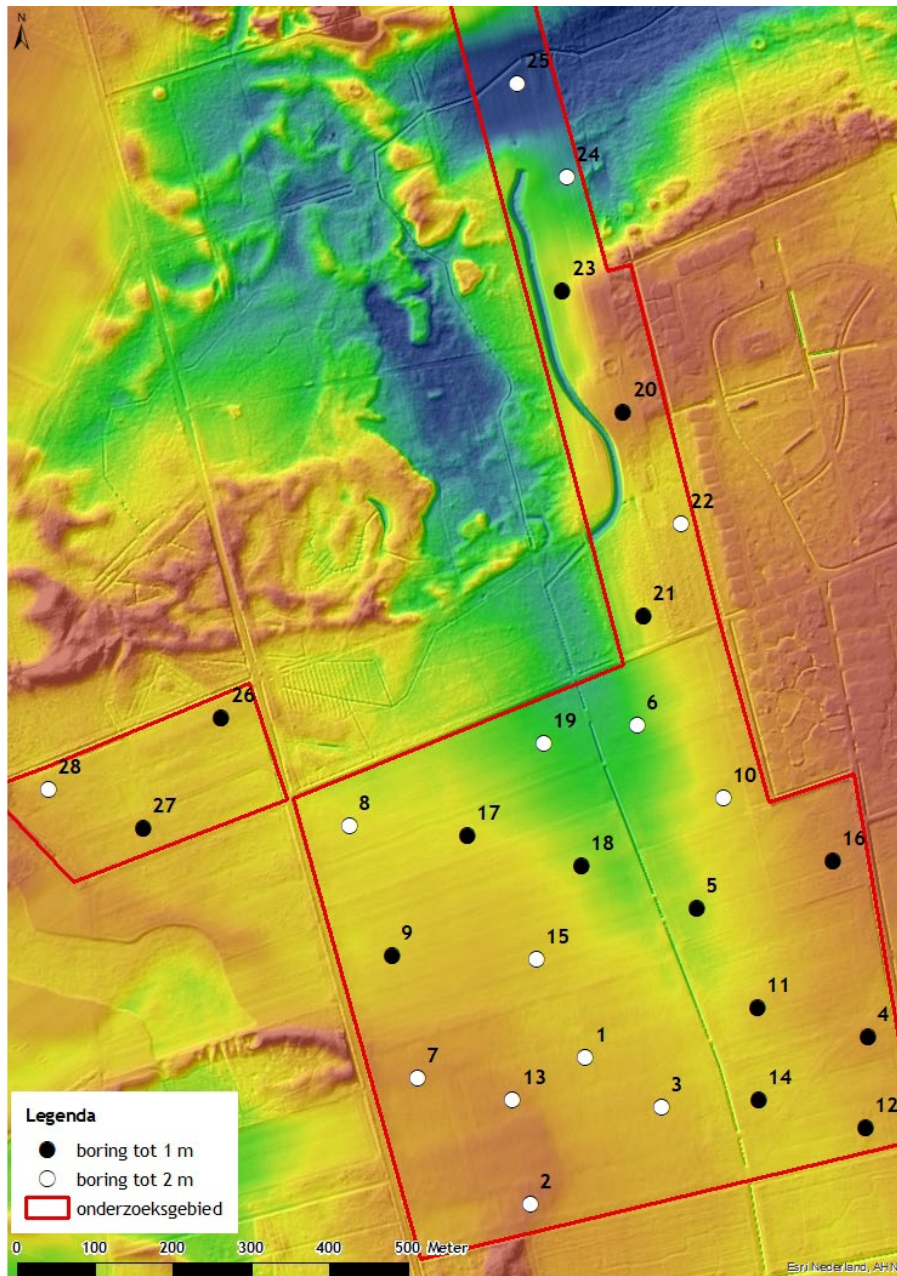
De bodemonsters werden bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal werden 112 bodemonsters verzameld en geanalyseerd.



Figuur 5. Kaart van monsterpunten waarin keileemdikte is bepaald en de geïnterpoleerde keileemdikte in het onderzoeksgebied door de Provincie Drenthe (bron: <https://provdrenthe.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e33aa94e821b4f3d94e4bbf44c2bdeb7>)



Figuur 6. Overzicht van de boringen tot 1 en 2 meter in onderzoeksgebied de Schaangedennen op een topografische kaart.



Figuur 7. Overzicht van de boringen tot 1 en 2 meter in onderzoeksgebied de Schaangedennen op een hoogtekartaart (AHN3).

3.2 Chemische analyse

Per bodemonmonster werden vervolgens de volgende variabelen bepaald:

- vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid;
- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantbeschikbaar P;
- totaal-P, totaal-S, totaal-Fe, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Mn, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur en waterstofperoxide);
- pH-NaCl en zout-uitwisselbare/beschikbare concentraties (o.a. aluminium, calcium, kalium, magnesium, ammonium en nitraat) via een zoutextractie;
- basenverzadiging en grootte van het adsorptiecomplex (CEC) via een strontiumextractie.

Vochtpercentage, organisch stofgehalte en bodemdichtheid

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie

Door het bodemmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. De destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie

Een Olsenextractie werd uitgevoerd ter bepaling van de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat in de bodem (Olsen-P). Hiervoor werd 3 gram droog bodemmateriaal met 60 ml Olsen-extract (0,5 M NaHCO_3 bij pH 8,4) gedurende 30 minuten uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. De concentratie P-Olsen werd hierna bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, ICP-OES iCAP 6000).

Zoutextractie

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen deels verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH-NaCl, aluminium, calcium, kalium, magnesium, ammonium en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol/l natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm waarna de pH-NaCl werd gemeten met een pH-electrode (HACH HQD). De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4°C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18°C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in μmol per liter bodem.

Strontiumextractie

Met een strontiumextractie werd de concentratie strontium-uitwisselbare ionen bepaald en de basenverzadiging. Hiervoor werd vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 10 gram droog materiaal (minerale bodems) en met 200 ml 0,2 mol/l strontiumchloride (SrCl_2) geschud op een schudmachine bij 105 rpm. Hierna werd de pH gemeten met een pH-electrode (HACH HQD). De

.....

extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4°C tot verdere analyse. Voor analyse op de autoanalyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18°C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in µmol per liter bodem. Aan de hand van de hoeveelheid kationen gemeten in deze analyse kan de BV en CEC van de bodem berekend worden.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO₃-), ammonium (NH₄⁺) en fosfaat (PO₄³⁻) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur.

3.3 Berekening verschrallingsduur

Uit het bodemchemisch onderzoek kan blijken dat de toplaag van de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat. Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschrallingsbeheer noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschralling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschralling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschrallingsduur berekend worden.

De verschrallingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaardwaarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 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 ($(0,5/10) \times 100$). 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 ($(0,5/5) \times 100$). 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/jaar niet meer wordt gehaald en de verschrallingsduur eerder 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 2,5 mmol/l. Voor uitmijnen kan de verschrallingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar (Figuur 4). Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. hydrologie).

In Tabel 1 wordt de berekende verschrallingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie gegeven. De verschrallingsduur via maaien en afvoeren is 4 keer zo lang als de duur via uitmijnen. Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband

.....
met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

4. RESULTATEN BODEMCHEMISCH ONDERZOEK

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek beschreven. In paragraaf 4.2 wordt de bodemchemie beschreven en in paragraaf 4.3 worden de kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur besproken en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. In paragraaf 4.4 wordt ingegaan op de kansen voor ontwikkeling van kleine schorseneer. Tenslotte worden in paragraaf 4.5 enkele algemene aandachtspunten bij natuurontwikkeling gegeven.

Voor het ontwikkelen van soortenrijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden in deze studie de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren):

- Droge heide en heischraal grasland: ($<$)100-400 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland: 900-1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Kruidenrijk- en faunarijk grasland: >1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem (mits P-z <2 $\mu\text{mol/l}$ en nitraat <100 -200 $\mu\text{mol/l}$).

Kleine schorseneer is een kensoort van het verbond van heischrale graslanden (*Viola caninae*) maar komt ook in andere voedselarme, vaak vochtige, graslanden voor. Ook stond de soort in soortenrijkere droge heide. Volgens oude beschrijvingen van groeiplaatsen door S.J. Dijkstra uit 1940 blijkt dat Kleine schorseneer vaak voorkwam samen met Rozenkransje en Valkruid. Dat betekent (op basis van expert judgement) dat de bodem pH-NaCl waarschijnlijk minimaal rond de 4,5-5,0 dient te zijn; de beschikbare calciumconcentraties zeker boven de 4.000 $\mu\text{mol/l}$ bodem, de concentratie beschikbaar NH_4 < 200 $\mu\text{mol/l}$ bodem en de Olsen-P concentratie < 400 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Weijters et al., 2019). Goed ontwikkelde heischrale graslanden in Nederland hebben een basenverzadiging van ongeveer 30% of hoger (Van der Zee et al., 2017). Hier zit ook een maximum aan; boven circa 70% is er geen sprake meer van een heischraal grasland, maar van een gebufferd schraalgrasland, waarin geen heide meer voorkomt. Door de verregaande stikstofdepositie is het heidelandschap op veel plaatsen in Nederland sterk verzuurd. Hierdoor zijn de pH, basenverzadiging en calciumbeschikbaarheid van de bodem op veel plekken te laag geworden voor heischraal grasland of soortenrijke heide. Hierdoor zijn karakteristieke soorten als kleine schorseneer, maar ook valkruid, rozenkransje en algemenere heischrale soorten als stekelbrem, hondsviooltje en mannetjesereprijs sterk afgenomen of uit het landschap verdwenen. De overgebleven plekken met goed ontwikkeld heischraal grasland zijn meestal plekken waar de bodem nog wat gebufferder is, omdat er leem in de ondergrond zit, of waar er puin in de grond zit. Op voormalige landbouwgrond is vaak langdurig bekalkt en is de basenverzadiging in de ondergrond meestal nog wel op orde. Ook is de bodem die aan maaiveld komt na ontgronden minder blootgesteld aan zuur waardoor deze vaak ook nog zijn oorspronkelijke buffering heeft behouden. Hierdoor zijn voormalige landbouwgronden vaak geschikt om de uitbreidingsdoelstelling voor het habitatype Heischraal grasland te realiseren, mits hier met maatregelen de voedselrijkdom naar beneden kan worden gebracht (Loeb et al., 2017).

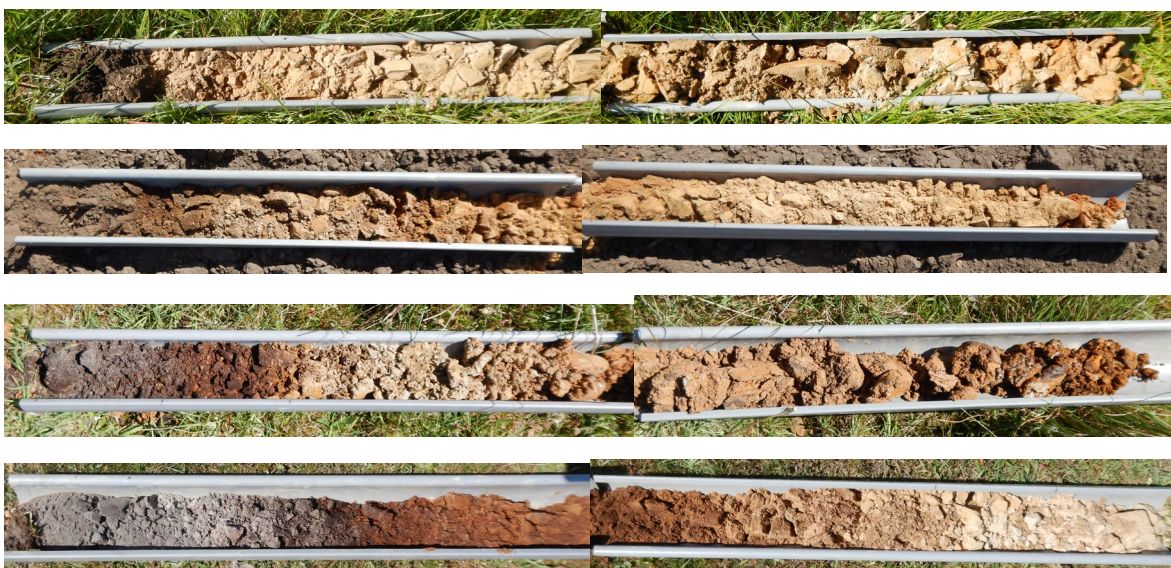
In de ondergrond rond Odoorn wordt op veel plekken ondiep een keileemlaag aangetroffen, die ook een behoorlijke dikte kan hebben (Figuur 5). Uit onderzoek aan de bodemchemie van heischraal grasland in deze regio, inclusief groeiplaatsen en voormalige groeiplaatsen van kleine schorseneer, blijkt dat de keileem die hier wordt aangetroffen kalkarm is (Loeb & Verbaarschot,

.....

in prep.). Deze leem heeft een grote siltfractie (hoge concentratie aluminium), relatief hoge totaal-concentraties kalium en magnesium, en vaak ook een hoog ijzergehalte, maar is zeer arm aan calcium. De basenverzadiging van deze leem is momenteel op de meeste plekken onder natuurterrein erg laag; vaak slechts 5%. In tegenstelling tot andere leem en siltige klei, heeft deze leem een zeer klein kationadsorptiecomplex, waardoor de leem hier kationen ook niet beter vast houdt dan het zandpakket erboven. Om deze twee redenen speelt de leemlaag hier geen rol in het op peil houden van de buffercapaciteit van de bodem. Ook de doorgemeten zandpakketten hadden over het algemeen een lage basenverzadiging en -zoals voor kaal zand gebruikelijk- een klein adsorptiecomplex. In de Ecozone, waar ontgrond is voor natuurherstel, bleek de basenverzadiging echter wel nog vrij hoog te zijn (gemiddeld 50%). Dit is waarschijnlijk het gevolg van het voormalige agrarische gebruik. Omdat het adsorptiecomplex van de bodem hier zo laag is, kan de basenverzadiging snel afnemen. In de Ecozone was de basenverzadiging een stuk lager dan in de bodem van de Schaangedennen (zie paragraaf 4.4). Mogelijk is de basenverzadiging hier na ontgronden hier al lager geworden, en heeft een hoge basenverzadiging geen belemmering gevormd voor de ontwikkeling richting heide. Dit kan echter anders zijn in een bodem met een groter adsorptiecomplex en een hoge basenverzadiging. Daar kan verwacht worden dat er geen heischraal grasland maar gebufferd schraalgrasland ontwikkeld kan worden.

4.2 Bodemopbouw

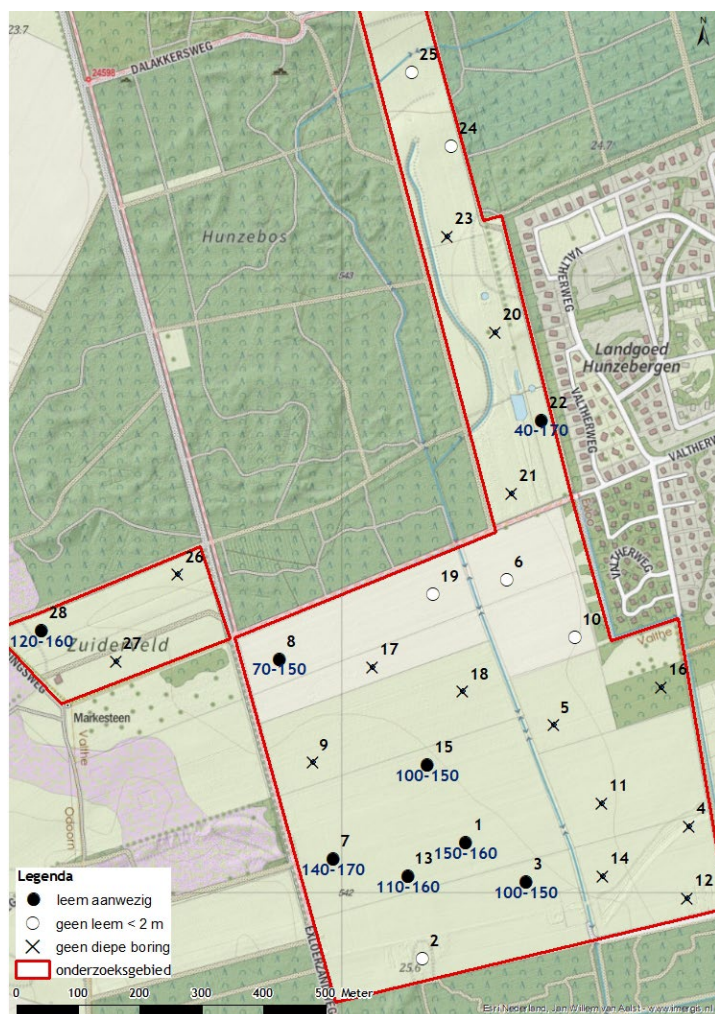
Op 28 locaties werd een boorprofiel gemaakt, waarvan op 14 locaties een boorprofiel tot 2 meter. Over het algemeen bestond het profiel uit een zandige bouwvoor van circa 20-30 cm diepte. Lokaal werd een dikkere bouwvoor aangetroffen van 35 tot 50 cm diepte (locatie 4, 5, 11, 14, 18, 21, 26, 27 en 28). Daaronder bevond zich vaak een inspoelingslaag van 10 tot 20 cm dikte. Onder dit bodemprofiel was op veel plaatsen een laag van zand of lemig zand aanwezig, die sterk in lemigheid en dikte varieerde. Soms werd een uitspoelingslaag van 10 cm dikte aangetroffen (locatie 2 en 28). Ook varieerde de ijzerrijkdom, te herkennen aan de rood-oranjekleur, in het profiel zeer sterk. Lokaal werd een ijzerbank aangetroffen op meer dan 150 cm diepte (1, 6, 10, 15 en 22). Op locatie 1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 18, 22 en 24 werd grind/kiezels in het profiel aangetroffen. Op locatie 25 werd een afwijkend profiel aangetroffen met een grijze uitspoelingslaag op 20-50 cm diepte.



Figuur 8. Bodemprofiel van locatie 13 met leem op 110-160 cm diepte. Bodemprofiel van locatie 10 met op 70 en 190 cm diepte een ijzerbank. Bodemprofiel van locatie 22 en 25.

In dit onderzoek werd op 14 locaties een diepe boring tot 2 meter gezet, waarbij op acht locaties (1, 3, 7, 8, 13, 15 en 22) binnen 2 meter leem aangetroffen werd op een diepte van circa 100-170 cm. Op locatie 8 en 22 werd binnen 1 meter al leem aangetroffen (Figuur 9). Deze locaties zijn dus potentieel gunstige locaties voor kleine schorseneer. Op basis van de kaart van de Provincie Drenthe over de aanwezigheid van keileem (provdrenthe.maps.arcgis.com) en de boringen in dit onderzoek kan mogelijk op locatie 4, 9, 11, 12, 14, 17, 23, 26 en 27 ook leem binnen 2 meter diepte verwacht worden.

Uit het onderzoek in het naastgelegen Zuiderveld en Ecozone is gebleken dat de dieper gelegen leemlaag geen belangrijke rol heeft gespeeld in het op peil houden van de voor heischrale plantensoorten belangrijke basenverzadiging (Loeb & Verbaarschot, in prep.). Ook in de Schaangedennen zal dit waarschijnlijk het geval zijn. De leem had in het Zuiderveld en de Ecozone echter wel een groot hydrologische effect: ondanks dat de freatische grondwaterstand zich op veel plekken wel zo'n 8 tot 10 meter onder maaiveld bevindt, kunnen er op plekken waar de leem ondiep zit vochtige plekken in het landschap ontstaan, doordat zich op de leem een schijngrondwaterspiegel vormt. Kleine schorseneer, die een zeer lange penwortel kan maken, zou kunnen profiteren van het water dat op de leemlagen stagneert. Ook zou het kunnen dat de soort uit deze leemlagen fosfaat op kan nemen op de plekken waar de leemlaag eveneens ijzerrijk is en fosfaat heeft geadsorbeerd (Loeb & Verbaarschot, in prep.). Of de aanwezigheid van een leemlaag echter bepalend is voor de habitatgeschiktheid van kleine schorseneer, is echter onbekend.



Figuur 9. Overzicht van de aanwezigheid en dikte leemlaag in onderzoeksgebied de Schaangedennen.

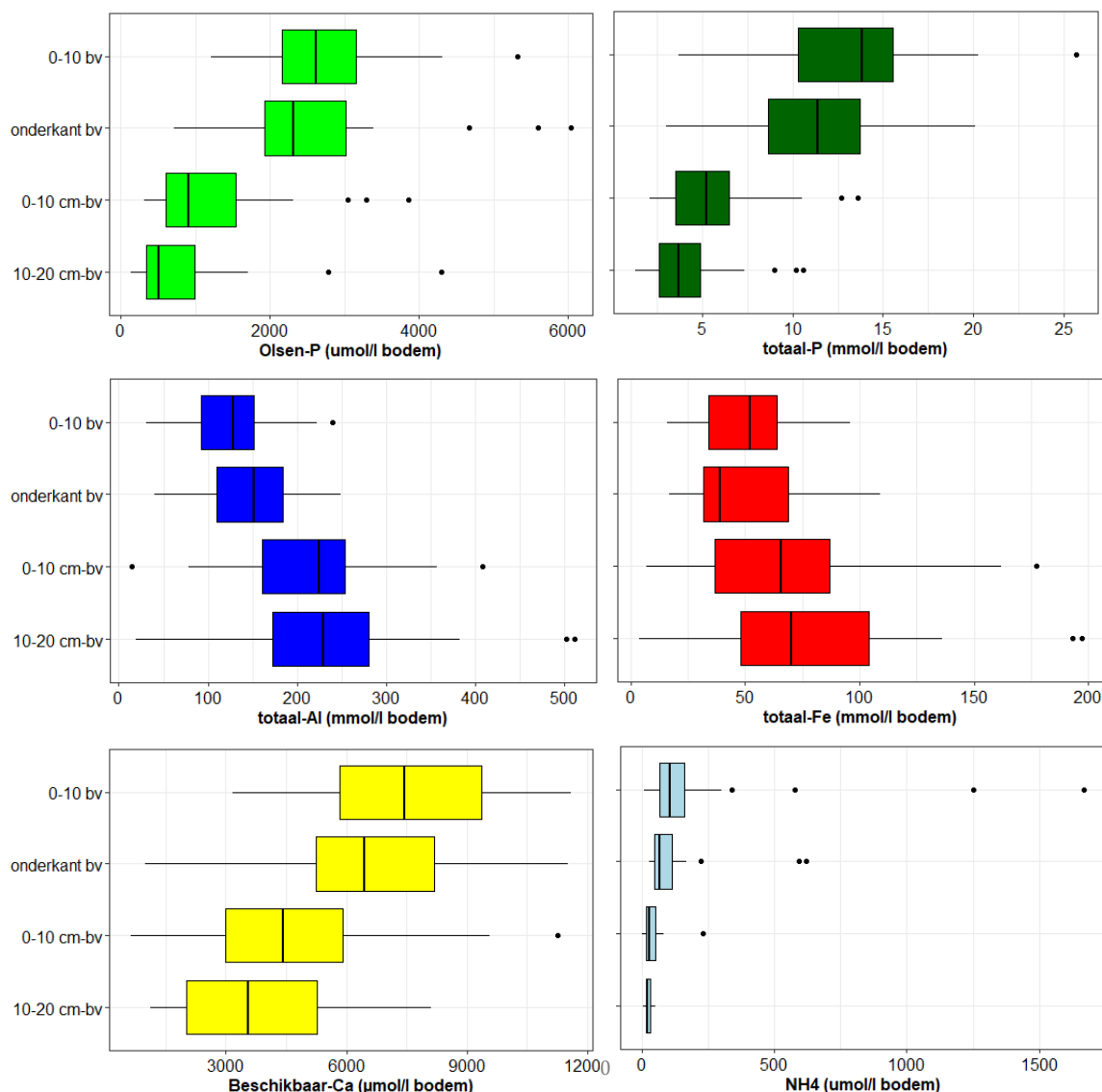
4.3 Algemene bodemchemie

In Figuur 10 worden boxplots van een aantal belangrijke bodemchemische variabelen op verschillende diepten gegeven. De toplaag van de bouwvoor (zand; dikte 10 cm) was sterk verrijkt met plantbeschikbaar fosfaat (gemiddeld 2816 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P) en totaal-P (gemiddeld 13 mmol/l bodem). In het onderste deel van de bouwvoor was de gemiddelde Olsen-P en totaal-P concentratie vergelijkbaar met de toplaag van de bouwvoor (gemiddeld 2587 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 11 mmol/l totaal-P). De dikte van de bouwvoor varieerde van circa 10 tot 50 cm. Direct onder de bouwvoor (0-10 cm-bv) waren de fosfaatconcentraties fors lager dan in de bouwvoor, maar op een groot deel van de locaties nog te hoog voor de ontwikkeling van heischraal grasland of droge heide: lokaal is sprake van P-uitspoeling onder de bouwvoor. Dit betekent dat, na afgraven van de bouwvoor aanvullend verschrallingsbeheer vereist is. Op meer dan 10 cm onder de bouwvoor namen de P-concentraties verder af.

De bodem was over het algemeen zandig, in de diepere bodemlagen was de bodem lokaal wat lemiger met een wat hoger totaal-Al gehalte in de bodem. De totale aluminiumconcentratie geeft een beeld van de lutumfractie in de bodem. De bodem was zwak tot matig ijzerhoudend met concentraties variërend van 4 tot 197 mmol/l bodem. Hoge ijzerconcentraties duiden op (voormalige) invloed van ijzerrijke kwel of afzettingen van ijzerrijk zand/slib. IJzer(hydr)oxides binden goed fosfor, waardoor dit in ijzerrijke bodems eenvoudig kan accumuleren. Dit hoeft niet altijd gepaard te gaan met een hoge P-beschikbaarheid (Olsen-P).

De bodem in de percelen is zwak tot matig calciumhoudend met beschikbare Ca-concentraties van 644 tot 11589 $\mu\text{mol/l}$. Met name in de toplaag van de bodem werden hogere beschikbare Ca-concentraties gemeten. Dit kan het gevolg zijn van bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik om de pH, en daarmee de productie, te optimaliseren.

Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur is het niet alleen van belang dat de fosfaatconcentraties laag genoeg zijn, maar ook de concentratie stikstof mag niet te hoog zijn. Voor een soort als kleine schorseneer kunnen hoge ammoniumconcentraties in de bodem toxisch zijn. In deze bodems was de NH_4 -concentratie over het algemeen onder de 200 $\mu\text{mol/l}$ en daarmee voldoende laag voor het voorkomen van kleine schorseneer. Lokaal werden sterk verhoogde NH_4 -concentraties in de toplaag van de bodem gemeten (>500 $\mu\text{mol/l}$ bodem).



Figuur 10. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P, -Al, -Fe en beschikbare Ca- en NH_4 -concentraties van de geanalyseerde bodems ingedeeld per diepte (n=28 per diepte). De Box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De Whiskers (horizontale 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.

4.4 Kansen voor natuurontwikkeling

In deze paragraaf worden op basis van bodemtype en bodemchemie de kansen voor natuurontwikkeling per locatie besproken. In Tabel 1 zijn de belangrijkste parameters per locatie weergegeven.



Figuur 11. Indruk van locatie 2, 15, 12, 19, 10 en 16.



Figuur 12. Indruk van locatie 22, 25 en 26.

Locatie 1 (leem op 150-160 cm diepte)

De bouwvoor (0-20 cm) was verrijkt met fosfaat (2045-2286 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 13-14 mmol/l totaal-P). Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder fosfaatrijk (648 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 4 mmol/l totaal-P) en is nu nog iets te sterk gebufferd voor de ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 96%, beschikbare Ca-concentratie van 5347 $\mu\text{mol/l}$ bodem en pH-NaCl van 5,4. Mogelijk zal er zich vlak na inrichting eerst een gebufferde vegetatie ontwikkelen, maar na verwachting zal de buffering na herinrichting snel afnemen en kan een ontwikkeling richting heischraal grasland worden ingezet. Met beperkt verschrallingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) is na ontgronding ontwikkeling van grasland mogelijk.

Advies: bouwvoor (20 cm) afgraven met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 2

De bouwvoor (0-20 cm) was matig fosfaatrijk (1868-1882 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 6-7 mmol/l totaal-P). Door middel van verschrallingsbeheer kan binnen circa 20-25 jaar maaien en afvoeren of 5 jaar uitmijnen een schralere vegetatie ontwikkeld worden. Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder fosfaatrijk (495 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 2 mmol/l totaal-P) en voldoende gebufferd voor de toekomstige ontwikkeling van droge heide of heischraal grasland met een basenverzadiging van 86%, beschikbare Ca-concentratie van 2132 $\mu\text{mol/l}$ bodem en pH-NaCl van 5,4.

Advies: bouwvoor (20 cm) afgraven voor ontwikkeling van droge heide/heischraal grasland.

Tabel 1. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht per perceel. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P; -t = totale concentratie, -z = pH en beschikbare concentraties uit een zoutextract, M4 = berekende verschrallingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 400 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 2,5 mmol/l). De Olsen-P concentraties en beschikbare concentraties uit een zoutextract zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de overige concentraties in mmol/l verse bodem. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

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

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	CEC	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	U4
1	0-10	zand, bv	10	25	0,8	2045	14	178	45	62	6	44	16	11191	0,00	288	5487	5,4	98	88	13	74	578	34	9
	10-20	zand, bv	9	23	0,8	2286	14	168	43	32	6	15	25	10414	0,00	149	4641	5,2	95	78	3	94	112	34	9
	20-30	zand, inspoeling	3	11	1,0	648	3	238	14	65	8	19	31	5347	0,01	254	2489	5,4	96	25	0	33	12	3	1
	30-40	zand, inspoeling	2	8	1,2	234	2	199	7	76	7	15	31	3682	0,01	252	1707	5,6	89	20	0	19	6	0	0
2	0-10	zand, bv	4	8	0,8	1882	6	92	11	26	5	7	20	4710	0,00	289	1786	5,0	91	25	3	8	53	11	3
	10-20	zand, bv	3	9	1,0	1868	7	108	11	33	5	8	32	4659	0,01	272	1414	5,3	88	24	2	8	92	13	3
	20-30	zand, inspoeling	0,2	5	1,1	495	2	107	5	29	6	9	10	2132	0,00	443	726	5,4	86	8	0	18	6	0	0
	30-40	zand, inspoeling	1	6	1,0	467	2	114	5	29	6	9	3	2268	0,00	498	965	5,8	86	10	0	35	9	0	0
3	0-10	zand, bv	9	24	0,9	2469	15	154	42	57	5	15	21	11369	0,00	142	5295	5,2	97	82	2	31	52	40	10
	20-30	zand, bv	11	21	1,0	2976	17	182	42	64	5	15	28	11508	0,00	205	4895	5,2	96	71	1	326	622	45	11
	30-40	zand, licht lemig, kiezel	2	10	1,0	309	3	253	7	94	10	24	10	2734	0,00	238	1372	5,3	84	12	0	7	5	0	0
	40-50	lemig zand	1	9	1,0	139	3	331	6	129	19	50	25	2588	0,01	379	1829	5,4	91	10	0	9	9	0	0
4	0-10	zand, bv	8	13	0,7	2026	10	116	21	44	5	14	34	7296	0,00	138	4470	4,9	94	46	3	35	66	23	6
	40-50	zand, lemig, bv	4	12	0,8	758	3	180	10	26	7	10	119	5040	0,02	181	2747	4,6	73	28	0	60	33	2	1
	50-60	zand	1	11	1,0	488	2	240	6	66	8	16	270	2400	0,11	234	1215	4,8	59	16	0	36	16	0	0
	60-70	zand	3	10	0,9	297	3	242	5	132	10	21	176	1878	0,09	201	955	4,6	62	11	0	18	8	0	0
5	0-10	zand, bv	5	8	0,8	2289	10	68	26	31	4	9	16	7668	0,00	413	3797	5,3	97	62	17	16	52	25	6
	40-50	zand, grindig, bv	8	9	0,9	2542	9	86	21	32	5	8	24	7291	0,00	317	2668	5,0	95	48	8	41	48	21	5
	50-60	zand	5	11	0,9	1973	14	243	13	162	9	16	67	6694	0,01	398	1972	5,1	77	35	1	18	233	34	8
	60-70	zand	4	12	0,9	1494	9	272	9	136	10	17	132	3911	0,03	364	1000	4,7	69	20	1	28	45	20	5
6	0-10	zand, bv	3	8	0,9	3735	16	135	25	81	6	9	24	7448	0,00	1111	1413	5,3	95	42	17	469	178	44	11
	20-30	zand, bv	3	6	1,1	2290	12	192	19	83	8	11	25	6020	0,00	1204	1011	5,2	93	21	2	315	167	29	7
	30-40	zand, inspoeling	3	5	1,0	591	6	199	8	74	6	9	18	3176	0,01	785	397	5,4	90	11	0	60	43	6	2
	40-50	zand, grindig	5	3	1,1	435	4	137	5	57	4	6	9	1970	0,00	541	215	5,3	84	6	0	31	20	1	0
7	0-10	zand, bv	5	4	0,9	3088	14	92	37	35	5	14	6	7470	0,00	723	3615	6,1	99	52	37	5	92	37	9
	10-20	zand, bv	3	3	1,1	4674	12	118	12	40	5	8	33	4083	0,01	398	1481	5,0	89	19	33	24	31	31	8
	20-30	zand	1	3	1,1	1408	4	112	5	31	6	8	21	2216	0,01	346	896	5,1	87	9	10	8	14	5	1
	30-40	zand	1	7	1,0	931	4	147	5	39	7	11	38	1535	0,02	357	607	5,4	78	7	1	7	12	3	1
8	0-10	zand, bv	14	10	1,0	3129	20	240	54	47	11	14	36	11589	0,00	3985	2840	5,4	96	79	3	3712	1667	53	13
	20-30	zand, bv	6	14	0,9	2059	12	234	34	54	8	12	22	8002	0,00	1445	1330	5,5	97	48	1	1259	42	29	7
	30-40	zand	2	10	1,1	603	4	257	10	129	11	23	21	4098	0,01	811	561	5,4	94	17	0	290	18	4	1
	40-50	zand	2	9	1,1	486	4	267	12	103	17	44	33	4655	0,01	1049	804	5,4	88	15	1	747	39	2	1
9	0-10	zand, bv	7	10	0,7	1967	13	128	33	64	6	13	14	7996	0,00	399	3345	5,3	98	55	17	3	46	33	8
	15-25	zand, bv	6	10	0,8	2208	12	145	27	69	6	12	11	7127	0,00	249	2404	5,5	97	45	2	29	224	29	7
	25-35	zand, stenen	3	10	0,9	883	5	210	14	73	7	14	27	6104	0,00	281	1863	5,3	94	27	1	10	74	8	2
	35-45	zand, stenen	3	9	0,9	520	4	228	10	75	8	18	28	4491	0,01	301	1237	5,5	90	16	0	8	21	3	1

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	CEC	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	U4
10	0-10	zand, bv	5	17	0,8	3088	20	148	49	84	11	13	4	10450	0,00	3322	2519	5,7	98	56	24	7727	156	55	14
	10-20	zand, bv	5	10	1,0	3193	20	193	44	95	12	17	66	8539	0,01	1778	1946	5,8	97	45	9	3279	85	54	13
	20-30	zand, inspoeling	2	10	1,1	908	7	252	14	99	11	23	15	5831	0,00	1175	1398	5,7	94	23	1	1085	37	13	3
	30-40	zand, lemig	1	9	1,0	346	4	246	9	108	16	46	8	3411	0,00	985	854	5,7	91	11	0	288	17	0	0
11	0-10	zand, zwak grindig, bv	9	10	0,8	2056	10	71	32	37	3	16	81	8059	0,01	161	5213	5,3	97	63	13	41	109	24	6
	25-35	zand, zwak grindig, bv	6	9	0,9	2311	6	80	21	20	3	9	35	6954	0,01	172	4456	4,9	93	49	5	21	31	12	3
	35-45	zand, matig grindig	5	11	0,9	1571	5	164	12	37	5	8	120	5145	0,02	175	2958	4,8	74	33	1	28	26	6	2
	45-55	zand, matig grindig	5	11	0,9	1020	3	231	8	53	7	10	191	3763	0,05	201	1989	4,5	65	24	1	19	24	3	1
12	0-10	zand, bv	7	8	0,8	2189	9	126	21	32	7	9	24	7140	0,00	751	2343	5,2	95	49	3	4	44	20	5
	10-25	zand	1	5	1,0	714	3	158	15	27	14	15	12	4626	0,00	2282	1125	5,4	95	24	1	6	60	2	0
	25-35	lemig zand	6	16	1,0	1861	11	150	49	24	13	10	17	11250	0,00	5247	1775	5,7	99	97	2	312	85	25	6
	35-45	zand	3	13	1,1	479	3	298	19	45	15	16	15	7647	0,00	4375	1665	5,8	97	64	0	212	19	0	0
13	0-10	zand, bv	6	13	0,8	2307	8	63	15	22	3	6	73	5839	0,01	192	2248	5,1	94	39	5	17	110	18	5
	10-20	zand, bv	4	13	1,0	2914	11	102	15	36	4	7	72	5302	0,01	177	1604	5,2	86	28	3	49	87	27	7
	20-30	zand	1	5	1,1	422	2	128	3	36	7	9	67	1214	0,06	342	498	5,1	71	6	0	26	3	0	0
	30-40	zand	1	5	1,2	221	2	123	3	38	6	9	55	1132	0,05	344	498	5,4	77	6	0	24	7	0	0
14	0-10	zand, matig grindig, bv	7	21	0,8	2304	12	103	21	36	5	10	39	7422	0,01	170	3525	5,1	93	53	3	60	88	31	8
	25-35	zand, matig grindig, bv	5	15	0,9	1173	6	111	18	21	4	8	16	6307	0,00	124	3220	5,5	97	45	1	102	47	12	3
	35-45	zand, stenen	3	17	1,1	962	6	298	23	75	7	16	29	8400	0,00	183	4940	5,3	96	57	1	40	43	11	3
	45-55	zand, stenen	6	18	1,1	978	5	321	20	49	8	18	42	7663	0,01	172	4830	5,4	94	46	0	44	45	8	2
15	0-10	zand, bv	8	17	0,9	2082	14	128	40	64	5	13	12	9442	0,00	240	4507	5,4	98	83	4	33	1252	36	9
	10-20	zand, bv	6	14	0,9	2320	12	137	33	65	4	11	13	8313	0,00	136	3510	5,5	98	67	1	20	42	31	8
	20-30	zand, inspoeling	3	12	1,1	893	5	248	16	81	7	15	44	6131	0,01	206	2045	5,2	91	28	1	14	46	9	2
	30-40	zand, lemig	1	8	1,2	259	2	230	6	65	10	22	49	2044	0,02	262	554	5,3	84	10	0	6	22	0	0
16	0-10	zand, zwak lemig, bv	5	12	0,9	2690	14	222	12	89	11	16	225	4598	0,05	987	1259	4,5	74	27	3	136	143	36	9
	20-30	zand, zwak lemig, bv	5	12	1,0	2623	14	247	14	109	13	20	164	5423	0,03	648	1067	4,9	82	29	1	224	54	37	9
	30-40	zand, matig lemig	2	12	1,1	507	6	408	9	177	20	45	102	3050	0,03	538	742	4,7	80	13	0	35	46	4	1
	40-50	zand, matig lemig	1	10	1,4	350	4	511	13	197	42	92	410	4845	0,08	760	1266	4,6	75	24	0	16	51	0	0
17	0-10	zand, gemengd, bv	9	12	1,0	3231	17	144	43	61	9	10	11	11233	0,00	3260	2367	5,3	98	81	9	6031	142	46	11
	20-30	zand, gemengd, bv	5	14	1,0	1949	11	217	28	69	9	10	26	8988	0,00	2116	1711	5,4	95	52	2	3820	46	27	7
	30-40	zand	6	11	1,1	657	5	287	12	68	11	18	36	5211	0,01	1514	948	5,3	90	26	1	1254	23	6	1
	40-50	zand	2	9	1,2	890	5	209	13	75	11	23	18	5382	0,00	1474	908	5,4	94	22	1	2139	22	8	2
18	0-10	zand, bv	7	9	0,9	2230	16	154	51	71	8	15	13	10593	0,00	202	3772	5,6	99	92	9	8	10	41	10
	25-35	zand, sterk grindig, bv	6	10	0,9	1744	17	175	64	82	9	15	6	11000	0,00	174	2171	5,8	99	97	9	28	127	40	10
	35-45	zand, sterk grindig	4	9	1,0	1252	8	225	36	87	13	23	10	9578	0,00	215	1447	5,9	99	66	1	13	25	17	4
	45-55	zand, sterk grindig	3	8	0,9	934	5	274	23	100	17	31	12	8003	0,00	263	1099	5,7	96	41	0	5	7	9	2
19	0-10	zand, bv	5	8	1,0	4107	17	150	21	96	8	10	62	6847	0,01	1220	1747	4,9	86	44	10	512	226	45	11
	20-30	zand, bv	4	7	1,1	3161	18	249	31	105	12	19	34	6610	0,01	1674	1633	5,4	90	41	5	397	593	49	12
	30-40	zand	2	6	1,1	889	5	223	8	87	11	15	53	2858	0,02	619	346	4,9	79	12	0	107	78	9	2
	40-50	zand	1	4	1,2	335	4	197	4	91	12	14	113	1880	0,06	509	204	5,0	67	8	0	77	24	0	0
20	0-10	zand, bv	3	5	1,0	2823	7	73	5	29	5	6	29	3369	0,01	851	1698	4,0	72	16	22	11	107	14	3
	15-25	zand, bv	1	6	1,3	3297	9	96	4	35	5	7	204	1188	0,17	465	500	4,6	44	8	10	16	54	19	5
	25-35	zand	1	7	1,2	2313	6	101	2	32	5	7	307	644	0,48	298	240	4,4	38	7	3	6	8	12	3
	35-45	zand	1	8	1,3	1597	5	103	3	31	6	7	206	1138	0,18	286	305	4,8	53	7	5	7	20	7	2
21	0-10	zand, bv	8	25	0,9	2558	11	216	14	62	15	23	253	7105	0,04	606	1591	4,6	73	44	3	303	301	27	7
	30-40	zand, bv	5	16	1,1	2517	10	180	18	38	9	11	205	8137	0,03	213	1235	4,7	81	44	1	92	71	22	6
	40-50	zand, licht lemig, insp.	4	16	1,3	1086	3	318	12	44	15	20	457	5702	0,08	304	761	4,8	57	27	1	29	53	3	1
	50-60	zand, licht lemig, insp.	2	13	1,4	574	3	315	9	58	18	27	522	2562	0,20	352	341	4,4	50	17	1	25	46	1	0
22	0-10	zand, bv	8	22	0,9	2837	15	130	21	42	5	5	144	8957	0,02	142	616	4,9	85	47	2	163	100	40	10
	10-20	zand, bv	7	21	0,9	2056	9	136	20	21	5	4	211	9879	0,02	149	525	4,7	84	51	1	223	64	20	5
	20-30	zand, lemig	5	19	1,0	1298	5	292	15	55	9	15	192	8005	0,02	178	533	4,8	75	41	1	128	51	8	2
	30-40	zand, lemig	4	16	1,2	885	4	382	12	84	12	23	182	5214	0,03	196	369	4,7	69	24	1	80	43	5	1
23	0-10	zand, bv	10	6	1,0	4317	12	115	9	57	8	14	84	3909	0,02	321	1241	4,6	67	18	11	16	138	29	7
	20-30	zand, bv	2	8	1,1	6038	19	180	9	78	13	20	600	990	0,61	384	360	4,0	35	11	23	57	72	51	13
	30-40	zand, inspoeling	2	11	1,3	3041	10	357	9	133	25	55	415	4745	0,09	678	1030	4,8	65	18	4	44	55	22	6
	40-50	zand, lemig	1	10	1,5	995	5	502	16	193	47	88	320	8118	0,04	988	1522	4,5	85	34	1	21	41	7	2
24	0-10	zand, bv	3	2	1,1	3886	11	84	11	60	5	8	84	3166	0,03	189	700	4,6	69	17	13	30	92	28	7
	20-30	zand, bv	2	4	1,0	3385	12	96	16	42	5	8	21	4534	0,00	153	253	4,9	86	22	19	33	74	31	8
	30-40	zand, inspoeling	2	6	1,1	3292	7	78	11	31	5	5	13	4971	0,00	163	318	5,2	91	25	29	41	31	14	4
	40-50	zand, inspoeling	4	11	1,1	4298	11	130	16	61	6	13	32	7203	0,00	152	931	5,0	92	31	30	51	33	25	6
25	0-10	zand, bv	3	4	1,0	1211	4	31	11	16	2	3	54	4297	0,01	389	1242	5,3	91	24	3	90	66	4	1

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	CEC	P-z	NO3-z	NH4-z	M4	U4
26	0-10	zand, bv	6	16	0,9	3140	14	146	37	42	8	12	15	9324	0,00	213	2493	5,4	97	59	19	9	104	37	9
	40-50	zand, licht geroerd, bv	4	15	1,1	1869	8	232	19	36	8	11	23	7660	0,00	485	2777	5,2	94	43	1	87	114	18	5
	50-60	zand	2	10	1,1	398	3	204	8	59	8	10	22	3189	0,01	304	1074	5,4	87	16	0	16	15	0	0
	60-70	zand	1	9	1,1	194	3	181	5	116	8	11	18	1885	0,01	320	660	5,2	84	8	0	9	19	0	0
27	0-10	zand, bv	5	9	0,9	5318	26	168	35	69	9	23	14	6426	0,00	1340	2577	5,2	95	44	61	257	117	72	18
	25-35	zand, bv	4	10	1,0	5600	20	144	19	59	7	10	26	6161	0,00	1464	2454	5,1	91	37	54	171	65	55	14
	35-45	zand	3	9	1,1	3866	13	195	11	58	8	11	65	3262	0,02	1118	1427	5,1	84	24	8	113	22	32	8
	45-55	zand	2	6	1,1	1709	7	224	6	62	9	14	97	2266	0,04	1122	1062	4,8	73	12	2	113	29	15	4
28	0-10	zand, bv	6	14	0,9	3844	14	117	15	31	5	8	56	5781	0,01	523	1994	5,6	83	37	4	98	341	37	9
	25-35	zand, bv	4	14	1,0	2712	11	138	16	31	5	7	59	6198	0,01	221	2297	5,0	88	38	2	131	30	26	6
	35-45	zand	2	12	1,2	1528	6	168	9	37	8	11	81	3749	0,02	215	1458	5,2	81	19	1	76	30	10	2
	45-55	zand	4	16	1,1	2789	10	188	22	32	7	10	58	6906	0,01	252	2269	5,0	90	45	1	118	21	24	6

Locatie 3 (leem op 100-150 cm diepte)

De dertig cm dikke bouwvoor was rijk aan fosfaat (2469-2976 µmol/l Olsen-P en 15 -17 mmol/l totaal-P). Ook de onderkant van de bouwvoor (20-30 cm) is nog dermate P-rijk dat verschralling tot een Olsen-P concentratie van 400 µmol/l nog lang duurt (circa 10 jaar uitmijnen of 45 jaar maaien en afvoeren). Direct onder de bouwvoor (30-40 cm) was de licht lemige bodem arm aan fosfaat (309 µmol/l Olsen-P en 3 mmol/l totaal-P) en voldoende gebufferd voor de toekomstige ontwikkeling van droge heide of heischraal grasland met een basenverzadiging van 84%, beschikbare Ca-concentratie van 2734 µmol/l bodem en pH-NaCl van 5,3.

Advies: bouwvoor (30 cm) afgraven voor ontwikkeling van droge heide/heischraal grasland.

Locatie 4

Op deze locatie werd een dikke bouwvoor van 50 cm aangetroffen. De toplaag van de bouwvoor (0-10 cm) was verrijkt met fosfaat (2026 µmol/l Olsen-P en 10 mmol/l totaal-P) en door middel van langdurig verschrallingsbeheer (ca. 45 jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen) geschikt voor ontwikkeling van schralere vegetaties. De onderkant van de bouwvoor, op een diepte van 40-50 cm, was veel minder P-rijk (758 µmol/l Olsen-P en 3 mmol/l totaal-P) en met beperkte verschralling geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. Vanaf 50 cm diepte was de bodem voldoende P-arm voor ontwikkeling van heischraal grasland (488 µmol/l Olsen-P en 2,2 mmol/l totaal-P en had hier een geschikte pH en basenverzadiging voor de ontwikkeling van heischraal grasland (pH 4,8, basenverzadiging 50%). Op deze locatie kan door middel van een ontgroning van 40 cm en enkele jaren maaien en afvoeren een heischraal grasland ontwikkeld worden. Als alternatief kan ingezet worden op ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland.

Advies: doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of 40-50 cm afgraven voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 5

Op deze locatie werd een dikke bouwvoor van 50 cm aangetroffen en was de bodem tot een diepte van 70 cm fosfaatrijk met Olsen-P concentraties van 1494 tot 2542 µmol/l en totaal-P concentraties van 9 tot 14 mmol/l bodem. Vanwege de hoge fosfaatrijkdom tot een diepte van 70 cm is ontgronden op deze locatie niet zinvol. Door de toplaag te verschrallen kan een kruiden- en faunarijk grasland ontwikkeld worden en op de lange termijn een schraler grasland (ca. 50 jaar maaien en afvoeren of 12 jaar uitmijnen).

Advies: doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland.

.....
Locatie 6

De toplaag van de bouwvoor (0-10 cm) was sterk verrijkt met fosfaat (3735 µmol/l Olsen-P en 16 mmol/l totaal-P). De onderkant van de bouwvoor (20-30 cm) was ook fosfaatrijk (2290 µmol/l Olsen-P en 12 mmol/l totaal-P) en zonder langdurige verschraling niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder fosfaatrijk (591 µmol/l Olsen-P en 6 mmol/l totaal-P) en voldoende gebufferd voor de toekomstige ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 90%, beschikbare Ca-concentratie van 3176 µmol/l bodem en pH-NaCl van 5,4. Met beperkt verschrallingsbeheer (ca. 5-10 jaar maaien en afvoeren) is na ontgronding ontwikkeling van heischraal grasland of droge heide mogelijk.

Advies: bouwvoor (30 cm) afgraven met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5-10 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 7 (leem op 140-170 cm diepte)

De bouwvoor (0-20 cm) was fosfaatrijk (3088-4674 µmol/l Olsen-P en 12-15 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder fosfaatrijk (1408 µmol/l Olsen-P en 4 mmol/l totaal-P) en met beperkt verschrallingsbeheer (ca. 5-10 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem was voldoende gebufferd voor de toekomstige ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 87%, beschikbare Ca-concentratie van 2216 µmol/l bodem en pH-NaCl van 5,1. Op een diepte van 30-40 cm was de bodem nog wat P-arm (931 µmol/l Olsen-P en 4 mmol/l totaal-P) en met ca. 5 jaar maaien en afvoeren geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. Deze bodemdiepte was wat minder sterk gebufferd met een basenverzadiging van 78% en beschikbare Ca-concentratie van 1535 µmol/l bodem.

Advies: 30 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) of bouwvoor (20 cm) afgraven met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5-10 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 8 (leem op 70-150 cm diepte)

De toplaag van de bouwvoor (0-10 cm) was sterk verrijkt met fosfaat (3129 µmol/l Olsen-P en 20 mmol/l totaal-P). De onderkant van de bouwvoor (20-30 cm) was ook fosfaatrijk (2059 µmol/l Olsen-P en 12 mmol/l totaal-P) en zonder langdurige verschraling niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland (ca 35 jaar maaien en afvoeren of 8 jaar uitmijnen). Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder fosfaatrijk (603 µmol/l Olsen-P en 4 mmol/l totaal-P) en met beperkt verschrallingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem was voldoende gebufferd voor de toekomstige ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 94%, beschikbare Ca-concentratie van 4098 µmol/l bodem en pH-NaCl van 5,4. Op een diepte van 40-50 cm was de bodem nog wat P-arm (486 µmol/l Olsen-P en 4 mmol/l totaal-P).

Advies: bouwvoor (30 cm) afgraven met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 9

De 25 cm dikke bouwvoor was rijk aan fosfaat met een Olsen-P concentratie van 1967-2208 µmol/l bodem en totaal-P concentratie van 12-13 mmol/l bodem. Ook de onderkant van de bouwvoor (15-25 cm) is nog dermate P-rijk dat verschraling tot een Olsen-P concentratie van 400 µmol/l nog lang

.....
duurt (circa 9 jaar uitmijnen of 38 jaar maaien en afvoeren). Direct onder de bouwvoor was de bodem minder rijk aan fosfaat (883 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en met verschrallingsbeheer (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide. De bodem was voldoende gebufferd voor de toekomstige ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 94%, beschikbare Ca-concentratie van 6104 $\mu\text{mol/l}$ bodem en pH-NaCl van 5,4. Op een diepte van 35-45 cm was de bodem nog minder P-rijk (520 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 3,8 mmol/l totaal-P) en met ca. 5 jaar maaien en afvoeren geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. Deze bodemlaag was voldoende gebufferd voor toekomstige ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 90% en beschikbare Ca-concentratie van 4491 $\mu\text{mol/l}$ bodem.

Advies: 35 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 10

De bouwvoor (0-20 cm) was fosfaatrijk met een (3088-3193 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 20 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder fosfaatrijk (908 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 8 mmol/l totaal-P) en met verschrallingsbeheer (ca. 15 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van een schralere vegetatie. De bodem was voldoende gebufferd voor de toekomstige ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 94%, beschikbare Ca-concentratie van 5831 $\mu\text{mol/l}$ bodem en pH-NaCl van 5,7. Op een diepte van 30-40 cm was de bodem nog wat P-arm (346 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 4 mmol/l totaal-P) en geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. Ook hier was de buffering hoog met een basenverzadiging van 91% en beschikbare Ca-concentratie van 3411 $\mu\text{mol/l}$ bodem.

Advies: 30 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 11

De toplaag van de bouwvoor (0-10 cm) was fosfaatrijk met een Olsen-P concentratie van 2056 $\mu\text{mol/l}$ bodem en totaal-P concentratie van 10 mmol/l bodem. De onderkant van de bouwvoor (25-35 cm) was ook fosfaatrijk (2311 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 6 mmol/l totaal-P) en zonder langdurige verschralling niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland (ca 20 jaar maaien en afvoeren of 5 jaar uitmijnen). Direct onder de bouwvoor was de bodem minder P-rijk (1571 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en met verschrallingsbeheer (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide. De bodem was voldoende gebufferd voor de ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 74%, beschikbare Ca-concentratie van 5145 $\mu\text{mol/l}$ bodem en pH-NaCl van 4,8. Op een diepte van 45-55 cm was de bodem nog minder P-rijk (1020 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 3 mmol/l totaal-P) en met ca. 5 jaar maaien en afvoeren geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. Deze bodemlaag was voldoende gebufferd voor heischraal grasland met een basenverzadiging van 65% en beschikbare Ca-concentratie van 3763 $\mu\text{mol/l}$ bodem.

Advies: 35 cm afgraven (bouwvoor) met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) of 45 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

.....
Locatie 12

De dunne bouwvoor van 10 cm dikte was fosfaatrijk (2189 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 9 mmol/l totaal-P) en zonder verschraling niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland (ca 20-25 jaar maaïen en afvoeren of 5 jaar uitmijnen). De bodemlaag daaronder (10-25 cm) was veel minder P-rijk (714 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 3 mmol/l totaal-P) en met verschrulingsbeheer (ca. 25 jaar maaïen en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Op een diepte van 25-35 cm was de bodem fosfaatrijker (1861 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 11 mmol/l totaal-P) dan de bodemlaag erboven; mogelijk is hier ooit diep geploegd. Vanwege de hoge fosfaatrijkdom in deze bodemlaag is na ontgronding aanvullende verschraling nodig (ca. 25 jaar maaïen en afvoeren) voor ontwikkeling van schraler grasland. Het afgraven van 10 of 25 cm bodem levert dus relatief weinig winst op. De diepere bodemlaag (35-45 cm) is fosfaatarm met een Olsen-P concentratie van 479 $\mu\text{mol/l}$ bodem en totaal-P concentratie van 2,6 mmol/l bodem. De bodem (0-45 cm) was sterk gebufferd met een basenverzadiging van 95-99%, beschikbare Ca-concentraties van 4626-11.250 $\mu\text{mol/l}$ bodem en pH-NaCl van 5,2-5,8. Omdat vanaf 25 cm diepte het uitwisselingscomplex groter was (64-97 $\mu\text{eq}^+/\text{l}$ bodem), is de verwachting dat de buffering hier niet snel af zal nemen en dat hier bij verschralen een gebufferd schraalgrasland zou kunnen ontstaan, en geen heischraal grasland.

Advies: 35 cm afgraven (bouwvoor + 25 cm) of de huidige toplaag verschralen (ca. 20-25 jaar maaïen en afvoeren of 5 jaar uitmijnen) voor ontwikkeling van schraalgrasland.

Locatie 13 (leem op 110-160 cm diepte)

De bouwvoor (0-20 cm) was fosfaatrijk (2307-2914 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 8-11 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Het afgraven van de bovenste 10 cm van de bouwvoor verkort de verschrulingsduur van ca. 45 jaar maaïen en afvoeren naar ca. 25 jaar maaïen en afvoeren. Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder fosfaatrijk (422 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 2 mmol/l totaal-P) en voldoende gebufferd voor de ontwikkeling van heischraal grasland of droge heide met een basenverzadiging van 71% en pH-NaCl van 5,1.

Advies: 20 cm afgraven (bouwvoor) voor ontwikkeling van droge heide/heischraal grasland.

Locatie 14

De toplaag van de 35 cm dikke bouwvoor (0-10 cm) was fosfaatrijk (2304 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 12 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. De onderkant van de bouwvoor (25-35 cm) was minder fosfaatrijk (1173 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 6 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschraling (ca. 20 jaar maaïen en afvoeren) geschikt voor ontwikkeling van een schralere vegetatie. De bodem onder de bouwvoor (35-55 cm) was betreft de fosfaatrijkdom vergelijkbaar met de onderkant van de bouwvoor, waardoor dieper afgraven niet veel meer winst oplevert. De bodem (0-55 cm) was gebufferd met een basenverzadiging van 94-97%, beschikbare Ca-concentraties van 6307-8400 $\mu\text{mol/l}$ bodem en pH-NaCl van 5,1-5,5.

Advies: 25 cm afgraven met aanvullend verschrulingsbeheer (ca. 20 jaar maaïen en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland of doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland.

Locatie 15 (leem op 100-150 cm diepte)

De bouwvoor (0-20 cm) was fosfaatrijk (2082-2320 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 12-14 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Het afgraven van de bovenste 10 cm van de bouwvoor verkort de verschrulingsduur van ca. 70 jaar maaïen en afvoeren naar ca. 40 jaar maaïen en afvoeren. Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder

.....
fosfaatrijk (893 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschraling (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem was voldoende gebufferd voor toekomstige ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 91%, beschikbare Ca-concentratie van 6131 $\mu\text{mol/l}$ en pH-NaCl van 5,2. Op een diepte van 30-40 cm was de bodem P-arm (259 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 2 mmol/l totaal-P) en voldoende gebufferd voor de toekomstige ontwikkeling van droge heide of heischraal grasland (basenverzadiging van 84% en pH-NaCl van 5,3).

Advies: 30 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) voor ontwikkeling van droge heide/heischraal grasland.

Locatie 16

De toplaag van de 30 cm dikke bouwvoor (0-10 cm) was fosfaatrijk (2690 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 14 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. De onderkant van de bouwvoor (20-30 cm) was ook fosfaatrijk (2623 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 14 mmol/l totaal-P) en met langdurige verschraling (ca. 40 jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen) geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. Direct onder de bouwvoor had de bodem een sterk siltig karakter (totaal-Al-concentratie 400-500 mmol/l bodem) en was zeer ijzerrijk (circa 200 mmol Fe/l bodem). De samenstelling van het bodemmateriaal was vergelijkbaar met plekken rond Odoorn waar leem wordt aangetroffen: rijk aan aluminium, kalium en ijzer, maar met een klein adsorptiecomplex en weinig calcium. Op 30-40 cm diepte was de bodem veel minder fosfaatrijk (507 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 6 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschraling (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem was gebufferd met een basenverzadiging van 80% en pH-NaCl van 4,7. Op een diepte van 40-50 cm was de bodem P-arm (350 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 4,2 mmol/l totaal-P) en eveneens voldoende gebufferd voor de ontwikkeling van droge heide of heischraal grasland (basenverzadiging van 75%, Ca-beschikbaarheid van 4845 $\mu\text{mol/l}$ en pH-NaCl van 4,6).

Advies: 40 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) voor ontwikkeling van droge heide/heischraal grasland. Of bouwvoor (30 cm) afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 17

De toplaag van de 30 cm dikke bouwvoor (0-10 cm) was fosfaatrijk (3231 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 17 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. De onderkant van de bouwvoor (20-30 cm) was ook fosfaatrijk (1949 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 11 mmol/l totaal-P) en met langdurige verschraling (ca. 35 jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen) geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem onder de bouwvoor (30-50 cm) was minder fosfaatrijk (657-890 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschraling (ca. 15 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de toekomstige ontwikkeling van heischraal grasland (basenverzadiging van 90-94%, Ca-beschikbaarheid van 5211-5382 $\mu\text{mol/l}$ en pH-NaCl van 5,3-5,4).

Advies: 30 cm afgraven (bouwvoor) met aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 15 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide of doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland.

Locatie 18

De bouwvoor (0-35 cm) was fosfaatrijk (1744-2230 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 16-17 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Het afgraven van de

.....

bovenste 25 cm van de bouwvoor verkort de verschrallingsduur naar ca. 60 jaar maaien en afvoeren of 15 jaar uitmijnen. De bodem onder de bouwvoor (35-45 cm) was minder fosfaatrijk (1252 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 8 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschralling (ca. 25-30 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Op een diepte van 45-55 cm was de bodem armer aan P (934 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en door middel van ca. 10 jaar maaien en afvoeren voldoende P-arm voor heischraal grasland. Omdat de bodem op deze dieptes (35-55 cm) relatief sterk gebufferd is voor heischraal grasland (basenverzadiging van 96-99%, pH-NaCl van 5,7-5,9 en beschikbare Ca-concentraties van 8003-9578 $\mu\text{mol/l}$) en het materiaal hier een groot adsorptiecomplex heeft (CEC 40-70 $\mu\text{eq}^+/\text{l}$ bodem) zal de ontwikkeling mogelijk eerder richting droog grasland op zandgrond gaan (klasse 14; Koelerio-Corynephoretea).

Advies: doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of 35-45 cm afgraven met aanvullende verschrallingsbeheer (ca. 10-25 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van droog schraalgrasland.

Locatie 19

De bouwvoor (0-30 cm) was sterk verrijkt met fosfaat (3161-4107 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 17-18 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Het afgraven van de bovenste 20 cm van de bouwvoor verkort de verschrallingsduur naar ca. 60 jaar maaien en afvoeren of 15 jaar uitmijnen. Direct onder de bouwvoor was de bodem minder fosfaatrijk (889 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschralling (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Op een diepte van 40-50 cm was de bodem P-arm (335 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 4 mmol/l totaal-P) en geschikt voor ontwikkeling van droge heide of heischraal grasland. De bodem was gebufferd met een basenverzadiging van 67-79% en pH-NaCl van 4,9-5,0.

Advies: 40 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) voor ontwikkeling van droge heide/heischraal grasland.

Locatie 20

Op deze locatie was een bouwvoor van ca. 25 cm dikte aanwezig. Betreft fosfaat was de bouwvoor vergelijkbaar met de onderliggende bodemlaag (25-35 cm) met Olsen-P concentraties van 2313-3297 $\mu\text{mol/l}$ bodem en totaal-P concentraties van 6-8 mmol/l bodem. Zonder afgraven kan binnen ca. 40 jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen een schralere vegetatie ontwikkeld worden. Ook na enkel het afgraven van de toplaag van de bouwvoor (0-15 cm) blijft de verschrallingsduur gelijk. Na het afgraven de bouwvoor (0-25 cm) kan binnen ca. 20 jaar maaien en afvoeren of 5 jaar uitmijnen een schralere vegetatie ontwikkeld worden. De diepere bodemlaag op een diepte van 35-45 cm was minder P-rijk (1597 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschralling (ca. 5-10 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide. De bodem (25-35 cm) was zwak gebufferd met een basenverzadiging van 38-53% en pH-NaCl van 4,4-4,8 en daarmee geschikt voor heischraal grasland.

Advies: doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of 35 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) met aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5-10 jaar maaien en afvoeren) of voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.



Figuur 13. Grasland op locaties 21, 22, 20, 23, 24 en 25. Momenteel is er al sprake van een droog en vrij schraal grasland met veel kruiden (Foto gemaakt door Roos Loeb in augustus 2021).

Locatie 21

De bouwvoor (0-40 cm) was verrijkt met fosfaat (2517-2558 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 10-11 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Het afgraven van de bovenste 30 cm van de bouwvoor verkort de verschrallingsduur naar ca. 25 jaar maaien en afvoeren of 5-8 jaar uitmijnen. Direct onder de bouwvoor was de bodem veel minder fosfaatrijk (1086 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 3 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschralling (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem was matig gebufferd met een basenverzadiging van 57%, pH-NaCl van 4,8 en beschikbare Ca-concentratie van 5702 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Op een diepte van 50-60 cm was de bodem P-arm (574 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 2,8 mmol/l totaal-P) en geschikt voor ontwikkeling van droge heide of heischraal grasland.

Advies: doelen bijstellen en inzetten op verdere ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of bouwvoor (40 cm) afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 22 (leem op 40-170 cm diepte)

De bouwvoor (0-20 cm) was fosfaatrijk (2056-2837 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 9-15 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Het afgraven van de bovenste 10 cm van de bouwvoor verkort de verschrallingsduur naar ca. 30 jaar maaien en afvoeren. Direct onder de bouwvoor was de bodem minder fosfaatrijk (1298 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschralling (ca. 10-15 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Op een diepte van 30-40 cm was de bodem armer aan P (885 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 4 mmol/l totaal-P) en met beperkte verschralling (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem was voldoende gebufferd voor

.....
heischraal grasland met een basenverzadiging van 69%, pH-NaCl van 4,7 en beschikbare Ca-concentratie van 5214 µmol/l bodem.

Advies: doelen bijstellen en inzetten op verdere ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of 30 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) met beperkte verschraling (ca. 5 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 23

De bouwvoor (0-30 cm) was zeer fosfaatrijk (4317-6038 µmol/l Olsen-P en 12-19 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Direct onder de bouwvoor was de bodem ook fosfaatrijk (3041 µmol/l Olsen-P en 10 mmol/l totaal-P) en met aanvullende verschraling (ca. 30 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van schraler grasland. Op een diepte van 40-50 cm, waar de bodem erg lemig was, was de bodem minder P-rijk (995 µmol/l Olsen-P en 5 mmol/l totaal-P) en met verschraling (ca. 5-10 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem (30-50 cm) was voldoende gebufferd voor heischraal grasland met een basenverzadiging van 65-85%, pH-NaCl van 4,5-4,8 en beschikbare Ca-concentraties van 4745-8118 µmol/l bodem.

Advies: doelen bijstellen en inzetten op verdere ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland of 40 cm afgraven (bouwvoor + 10 cm) met beperkte verschraling (ca. 5-10 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 24

Op deze locatie was een bouwvoor van ca. 30 cm dikte aanwezig en werd op een diepte van 30-50 cm een inspoelingslaag aangetroffen. De bodem was tot een diepte van 50 cm zeer rijk aan fosfaat met concentraties van 3292-4298 µmol/l Olsen-P en 7-12 mmol/l totaal-P. Vanwege de hoge fosfaatrijkdom tot een diepte van 50 cm is ontgronden op deze locatie niet zinvol. Door de toplaag te verschralen kan een kruiden- en faunarijk grasland ontwikkeld worden en op de lange termijn een schraler grasland (ca. 70 jaar maaien en afvoeren of 20 jaar uitmijnen).

Advies: doelen bijstellen en inzetten op verdere ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland.

Locatie 25

De 20 cm dikke bouwvoor was matig fosfaatrijk (1199-1211 µmol/l Olsen-P en 4-5 mmol/l totaal-P) en door middel van ca. 10 jaar maaien en afvoeren geschikt voor ontwikkeling van een schralere vegetatie. Direct onder de bouwvoor was de bodem P-arm (747 µmol/l Olsen-P en 2 mmol/l totaal-P) en geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland of droge heide. De Olsen-P-concentratie is weliswaar nog aan de hoge kant, maar waarschijnlijk zal deze snel lager worden na verwijdering van de toplaag, zeker als er maaibeheer plaatsvindt. De bodem (0-40 cm) was voldoende gebufferd voor de ontwikkeling van heischraal grasland met een basenverzadiging van 81-96%, pH-NaCl van 5,0-5,4 en beschikbare Ca-concentraties van 2941-6239 µmol/l bodem.

Advies: huidige toplaag verschralen (ca. 10 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide of 20 cm afgraven (bouwvoor) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide.

Locatie 26

De toplaag van de 50 cm dikke bouwvoor (0-10 cm) was fosfaatrijk (3140 µmol/l Olsen-P en 14 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn.

De onderkant van de bouwvoor (40-50 cm) was ook fosfaatrijk (1869 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 8 mmol/l totaal-P) en met langdurige verschraling (ca. 15-20 jaar maaien en afvoeren of 5 jaar uitmijnen) geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem onder de bouwvoor (50-60 cm) was P-arm (398 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 2,9 mmol/l totaal-P) en geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Een dergelijk forse ontgroning is meestal niet realiseerbaar.

Advies: doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunairijk grasland of 40 cm afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 15-20 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland.

Locatie 27

De bouwvoor (0-35 cm) was zeer fosfaatrijk (5318-5600 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 20-26 mmol/l totaal-P) en niet geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland op de korte termijn. Direct onder de bouwvoor was de bodem ook fosfaatrijk (3866 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 13 mmol/l totaal-P) en met langdurige verschraling (ca. 45 jaar maaien en afvoeren of 10-15 jaar uitmijnen) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Op een diepte van 45-55 cm was de bodem minder P-rijk (1709 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 7 mmol/l totaal-P) en met verschraling (ca. 15 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. De bodem (45-55 cm) was voldoende gebufferd voor heischraal grasland met een basenverzadiging van 73% en pH-NaCl van 4,8.

Advies: doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunairijk grasland of 45 cm afgraven met aanvullend verschrallingsbeheer (ca. 15 jaar maaien en afvoeren) voor ontwikkeling van heischraal grasland/droge heide

Locatie 28 (leem op 120-160 cm diepte)

Op deze locatie was een bouwvoor van ca. 35 cm dikte. De bodem was tot een diepte van 55 cm rijk aan fosfaat met concentraties van 1528-3844 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P en 6-15 mmol/l totaal-P. Door de bouwvoor af te graven kan de verschralingstermijn verkort worden naar ca. 35 jaar maaien en afvoeren. Vanwege de hoge fosfaatrijkdom tot een diepte van 55 cm is ontgronden op deze locatie niet zinvol. Door de toplaag te verschrallen kan een kruiden- en faunairijk grasland ontwikkeld worden en op de lange termijn een schraler grasland (ca. 90 jaar maaien en afvoeren of 20 jaar uitmijnen).

Advies: doelen bijstellen en inzetten op ontwikkeling van kruiden- en faunairijk grasland.

Samenvatting kansen voor natuurontwikkeling

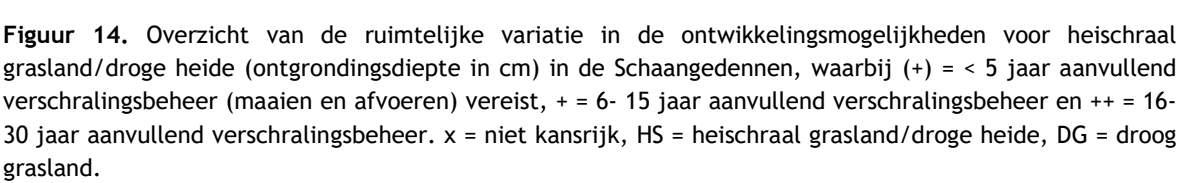
De in de vorige paragraaf beschreven kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen worden in Tabel 2 samengevat. Indien het afgraven van de P-rijke toplaag een kansrijke herstelmaatregel is voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur wordt in de tabel de bodemchemische samenstelling van de nieuwe toplaag gegeven. Wanneer in de tabel de bodemlaag van 20-30 cm onder maaiveld staat gegeven, dan kan het aangeven natuurtype worden gerealiseerd na afgraven van de toplaag van 20 cm. Bij 'beheer' wordt vermeld of aanvullend verschrallingsbeheer (maaien en afvoeren) noodzakelijk is. Voor een aantal locaties zijn, zoals per locatie beschreven, meerdere inrichtingsmogelijkheden. In Tabel 2 is dan de bodemchemie van meerdere bodemlagen gegeven. Op bijna alle locaties liggen kansen voor ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur na afgraven van de P-verrijkte bouwvoor. De dikte van de bouwvoor in het betreffende perceel kan afwijken van de aangetroffen bouwvoordikte op de monsterlocatie. Bij inrichting van het terrein is de bodemopbouw leidend.

In Figuur 14 worden de inrichtingsadviezen en ontwikkelingsmogelijkheden per locatie ruimtelijk weergegeven. Aangezien lokaal sprake is van P-uitspoeling is op veel locaties na afgraving aanvullend verschrallingsbeheer vereist. De natuurtypen zijn indicatief bepaald op basis van enkele puntboringen. Deze informatie vormt een onderdeel van de 'inrichtingspuzzel'. Het hydrochemische aspect, de landschapsecologische context en het ecohydrologische aspect vallen buiten deze opdracht. Vanwege de belangrijke geomorfologische waarden die er in het gebied liggen, wordt in elk geval aanbevolen om bij eventuele ontgroning het maaiveld te volgen, of het oorspronkelijk maaiveld te herstellen, als dit het reliëf bij het voorgaande landgebruik verdwenen is.

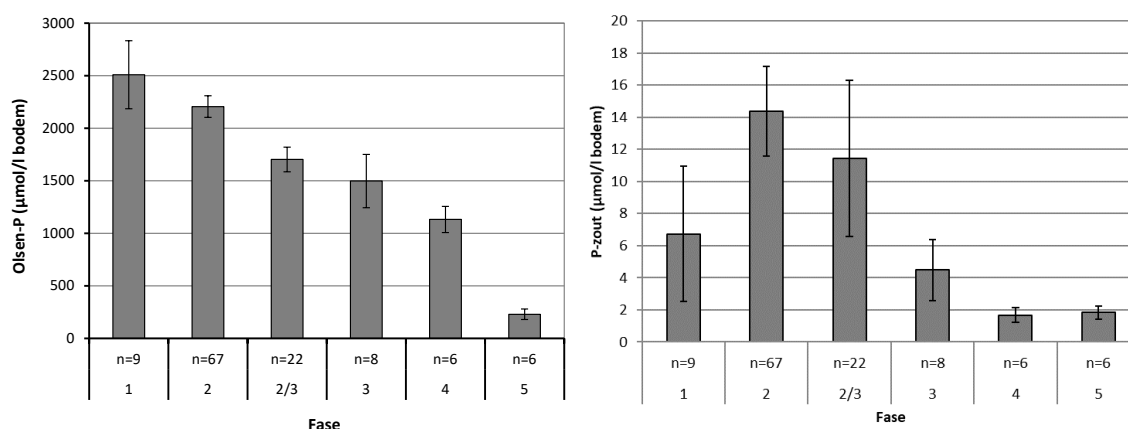
Tabel 2. Overzicht van de natuurontwikkelingspotenties per locatie in de Schaangedennen. Op de locaties waar het noodzakelijk is om de bouwvoor af te graven, is in de tabel de bodemchemie van de nieuwe toplaag gegeven. Natuurtype: HS = heischraal grasland, DH = droge heide, DG = droog grasland en KG = kruiden- en faunarijkgasland (* = suboptimaal). Beheer = aanvullend verschrallingsbeheer: (+) = < 5 jaar, + = 6-15 jaar, ++ = 16-30 jaar, +++ = >30 jaar, OS = organisch stofpercentage, Ols-P = Olsen-P, - t = totale concentratie, -z= beschikbare concentratie uit een zoutextract, M4 = berekende verschrallingsduur (in jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 400 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 2,5 mmol/l) en M12 tot een streefconcentratie van 1200 µmol Olsen-P/l bodem. De Olsen-P concentraties en concentraties uit een zoutextract zijn weergegeven in µmol/l verse bodem, de totale concentraties in mmol/l verse bodem. Voor de gebruikte kleurarceringen zie het bijschrift van Tabel 1.

Nr	Diepte	Grondsoort	Type	Beheer	OS	Ols-P	P-t	Ca-t	Ca-z	pH-z	BV	CEC	M4	M12
1	0-10	zand, bv	KG*	+++	10	2045	14	45	11191	5,4	98	88	34	18
	20-30	zand, inspoeling	HS/DH	(+)	3	648	3	14	5347	5,4	96	25	3	0
2	0-10	zand, bv	KG	+	4	1882	6	11	4710	5,0	91	25	11	7
	20-30	zand, inspoeling	HS/DH		0,2	495	2	5	2132	5,4	86	8	0	0
3	0-10	zand, bv	KG*	+++	9	2469	15	42	11369	5,2	97	82	40	25
	30-40	zand, licht lemig, kiezel	HS/DH		2	309	3	7	2734	5,3	84	12	0	0
4	0-10	zand, bv	KG*	+	8	2026	10	21	7296	4,9	94	46	23	13
	40-50	zand, lemig, bv	HS/DH		4	758	3	10	5040	4,6	73	28	2	0
5	0-10	zand, bv	KG*	+++	5	2289	10	26	7668	5,3	97	62	25	15
6	0-10	zand, bv	KG*	+++	3	3735	16	25	7448	5,3	95	42	44	35
	30-40	zand, inspoeling	HS/DH	+	3	591	6	8	3176	5,4	90	11	6	0
7	0-10	zand, bv	KG*	+++	5	3088	14	37	7470	6,1	99	52	37	28
	20-30	zand	HS/DH	+	1	1408	4	5	2216	5,1	87	9	5	2
	30-40	zand	HS/DH	(+)	1	931	4	5	1535	5,4	78	7	3	0
8	0-10	zand, bv	KG*	+++	14	3129	20	54	11589	5,4	96	79	53	38
	30-40	zand	HS/DH	(+)	2	603	4	10	4098	5,4	94	17	4	0
9	0-10	zand, bv	KG*	+++	7	1967	13	33	7996	5,3	98	55	33	16
	35-45	zand, stenen	HS/DH	(+)	3	520	4	10	4491	5,5	90	16	3	0
10	0-10	zand, bv	KG*	+++	5	3088	20	49	10450	5,7	98	56	55	39
	30-40	zand, lemig	HS/DH		1	346	4	9	3411	5,7	91	11	0	0
11	0-10	zand, zwak grindig, bv	KG*	+++	9	2056	10	32	8059	5,3	97	63	24	13
	35-45	zand, matig grindig	HS/DH	+	5	1571	5	12	5145	4,8	74	33	6	3
	45-55	zand, matig grindig	HS/DH	(+)	5	1020	3	8	3763	4,5	65	24	3	0
12	0-10	zand, bv	DG	++	7	2189	9	21	7140	5,2	95	49	20	13
	35-45	zand	DG		3	479	3	19	7647	5,8	97	64	0	0

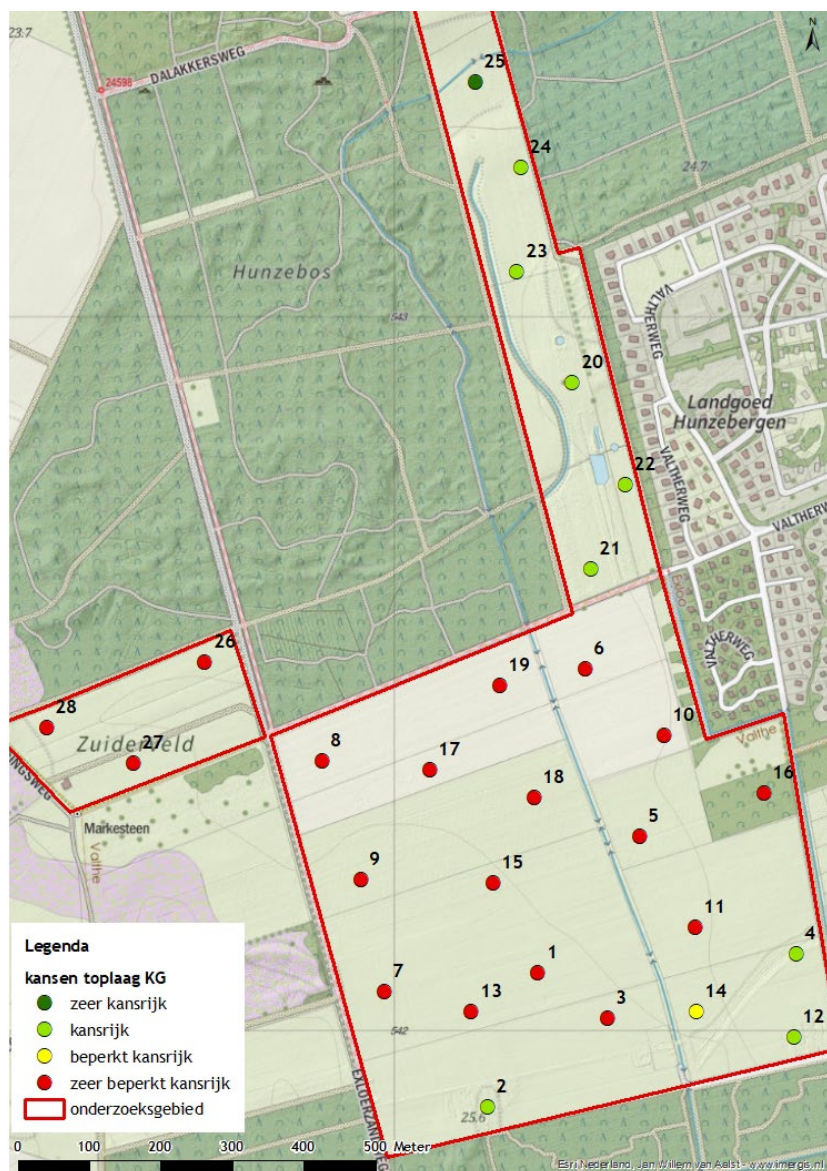
Nr	Diepte	Grondsoort	Type	Beheer	OS	Ols-P	P-t	Ca-t	Ca-z	pH-z	BV	CEC	M4	M12
13	0-10	zand, bv	KG*	+++	6	2307	8	15	5839	5,1	94	39	18	13
	20-30	zand	HS/DH		1	422	2	3	1214	5,1	71	6	0	0
14	0-10	zand, matig grindig, bv	KG*	++	7	2304	12	21	7422	5,1	93	53	31	19
	25-35	zand, matig grindig, bv	HS/DH	++	5	1173	6	18	6307	5,5	97	45	12	0
15	0-10	zand, bv	KG*	+++	8	2082	14	40	9442	5,4	98	83	36	19
	30-40	zand, lemig	HS/DH		1	259	2	6	2044	5,3	84	10	0	0
16	0-10	zand, zwak lemig, bv	KG*	+++	5	2690	14	12	4598	4,5	74	27	36	24
	30-40	zand, matig lemig	HS/DH	+	2	507	6	9	3050	4,7	80	13	4	0
	40-50	zand, matig lemig	HS/DH		1	350	4	13	4845	4,6	75	24	0	0
17	0-10	zand, gemengd, bv	KG*	+++	9	3231	17,1	43	11233	5,3	98	81	46	34
	30-40	zand	HS/DH	+	6	657	4,7	12	5211	5,3	90	26	6	0
18	0-10	zand, bv	KG*	+++	7	2230	16,2	51	10593	5,6	99	92	41	23
	35-45	zand, sterk grindig	DG	++	4	1252	8,2	36	9578	5,9	99	66	17	1
	45-55	zand, sterk grindig	DG	++	3	934	5,4	23	8003	5,7	96	41	9	0
19	0-10	zand, bv	KG*	+++	5	4107	16,9	21	6847	4,9	86	44	45	37
	40-50	zand	HS/DH		1	335	3,7	4	1880	5,0	67	8	0	0
20	0-10	zand, bv	KG*	+++	3	2823	6,8	5	3369	4,0	72	16	14	12
	35-45	zand	HS/DH	+	1	1597	4,8	3	1138	4,8	53	7	7	4
21	0-10	zand, bv	KG*	+++	8	2558	11,2	14	7105	4,6	73	44	27	19
	40-50	zand, licht lemig, insp.	HS/DH	(+)	4	1086	3,4	12	5702	4,8	57	27	3	0
22	0-10	zand, bv	KG*	+++	8	2837	15,2	21	8957	4,9	85	47	40	27
	30-40	zand, lemig	HS/DH	(+)	4	885	4,2	12	5214	4,7	69	24	5	0
23	0-10	zand, bv	KG*	+++	10	4317	11,9	9	3909	4,6	67	18	29	27
	40-50	zand, lemig	HS/DH	+	1	995	4,6	16	8118	4,5	85	34	7	0
24	0-10	zand, bv	KG*	+++	3	3886	11,5	11	3166	4,6	69	17	28	25
25	0-10	zand, bv	HS/DH	+	3	1211	3,7	11	4297	5,3	91	24	4	0
	20-30	zand, inspoeling	HS/DH		2	747	2,1	6	3294	5,4	87	16	0	0
26	0-10	zand, bv	KG*	+++	6	3140	14,4	37	9324	5,4	97	59	37	28
	40-50	zand, licht geroerd, bv	HS/DH	++	4	1869	8,4	19	7660	5,2	94	43	18	9
27	0-10	zand, bv	KG*	+++	5	5318	25,7	35	6426	5,2	95	44	72	62
	45-55	zand	HS/DH	+	2	1709	7,3	6	2266	4,8	73	12	15	7
28	0-10	zand, bv	KG*	+++	6	3844	14,4	15	5781	5,6	83	37	37	31



In Figuur 16 wordt weergegeven binnen welke termijn een soortenrijk kruiden- en faunarijke grasland (Olsen-P <1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem) tot ontwikkeling kan komen door middel van aanvullend verschrallingsbeheer (met maaien en afvoeren) van de toplaag van de bodem. Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<1000-1200 $\mu\text{mol/l}$; Figuur 15). 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 ($P\text{-}z < 1\text{-}2 \mu\text{mol/l}$). Onder droge, P-rijke condities kan tevens een soortenrijkere ontwikkeling optreden wanneer sprake is van droogtestress en/of N-limitatie (<20-100 $\mu\text{mol/l}$ nitraat). Een voorbeeld hiervan zijn de graslanden op locatie 21 t/m 25. In deze graslanden kan men op basis van de Olsen-P concentratie een raaigrasvegetatie verwachten, maar is momenteel is er al sprake van een droog en vrij schraal grasland met veel kruiden.



Figuur 15. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2016).



Figuur 16. Overzicht van de kansen voor de ontwikkeling van een soortenrijk kruiden- en faunairijk grasland.

4.5 Aanvullende maatregelen

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of zaden waarbij idealiter 1 m² vers verzameld maaisel over 1(-2) m² 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 (indicatie dichtheid: 1 m² verspreiden over 15-25 m²) uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhizaschimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza-schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Uit een grootschalig experiment in de voormalige landbouwenclave Noordenveld (Dwingelderveld) blijkt dat het opbrengen van heideplagsel op een droog perceel goed werkt om de bedekking met stuikheide opgang te brengen, en het aandeel ruderaal soorten en agrarische grassen te verminderen. Dit vond plaats ongeacht de zuurgraad van de bodem (pH-NaCl 4,5 of 5,5). Het toedienen van de heideplagsel had ook binnen enkele jaren een positief effect op de schimmel:bacterie-ratio (Weijters et al., 2020). Het aanbrengen van heideplagsel na afgraven zou

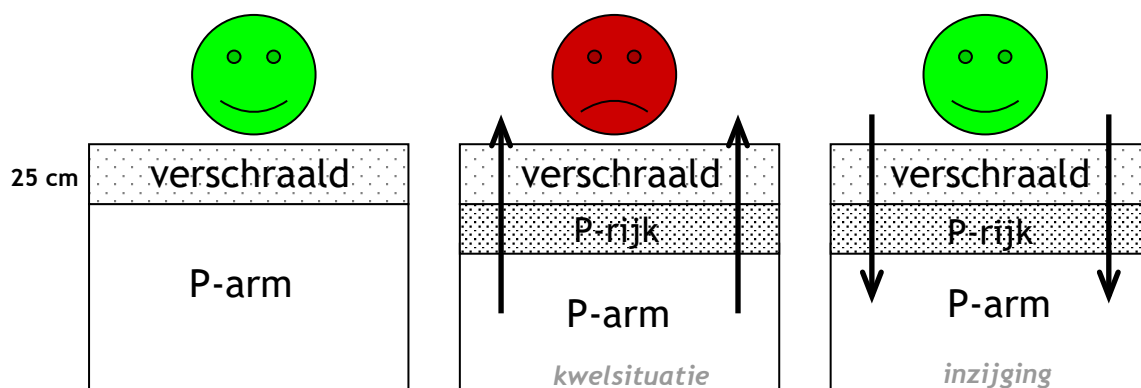
ook een geschikte maatregel zijn in de Schaangedennen, omdat er op deze wijze al gelijk een ontwikkeling richting goed gebufferde heide ingezet kan worden, ondanks dat de pH bij aanvang nog vrij hoog is. Dit kan gunstig zijn voor kleine schorseneer, omdat sneller een milieu wordt gecreëerd waar de soort in voorkomt.

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.

Kleine schorseneer komt nauwelijks meer voor in het gebied rond de Schaangedennen. Er is daardoor geen kans dat de soort zich spontaan zal vestigen. Het ontwikkelen van nieuwe populaties zal gedaan moeten worden door het inbrengen van zaden van genetisch nog niet verarmde populaties. Momenteel lopen er zaaiproeven van Science4Nature in het Molenveld, Zuiderveld en de Ecozone. Geadviseerd wordt om te kijken hoe hier bij aangesloten kan worden om de soort ook in de Schaangedennen terug te laten keren.

Jaarlijks maaien en afvoeren (gemiddelde P-afvoer 10 kg/ha/jaar) is op (sterk) met fosfaat verrijkte percelen niet optimaal voor een efficiënte afvoer van fosfaat. Een alternatief is uitmijnen (gemiddelde P-afvoer 40 kg/ha/jaar): 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 bij Eurofins 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.

Op (matig) voedselrijke plekken waar niet wordt afgegraven kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. Om verruiging te voorkomen wordt geadviseerd om beperkte detailontwatering in stand te houden (greppeltjes van 10-20 cm) indien afwatering over het maaiveld niet optimaal mogelijk is, zodat de P-rijke toplaag voldoende droogvalt in de zomerperiode (voorkomen P-mobilisatie).



Figuur 17. Schematisch overzicht van verschraling waarbij in een kwelsituatie fosfaat uit een rijkere bodemlaag (>25 cm-mv) naar de verschraalde toplaag getransporteerd kan worden (middelste figuur). Bij bodems die vanaf 25 cm onder maaiveld P-arm zijn (linker figuur) en bij inzijgsituaties (rechter figuur) is dit niet van toepassing.

Door middel van verschrulingsbeheer kan een bodempakket van circa 25(-30) cm worden verschraald. Op plekken waar de bodem onder de 25 cm eveneens verrijkt is met fosfaat kan,

.....

wanneer de grondwaterinvloed in het maaiveld wordt hersteld (Figuur 13), P-nalevering richting de verschraalde bodemlaag optreden. Dit zou echter kunnen leiden tot verrijking van de toplaag en verruiging of de noodzaak voor aanvullende verschraling. Onder invloed van ijzerhoudend grondwater is dit risico mogelijk klein.

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals vochtige heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO₂ beschikbaar komt. Tenslotte kan inundatie met P-rijk oppervlaktewater en/of de afzetting van P-rijk slib tot verrijking en daarmee tot verruiging leiden. In verband met het veranderende klimaat (extremere weersomstandigheden) wordt geadviseerd de hydrologische omstandigheden regelbaar te maken met behulp van kleine stuwtjes (flexibiliteit in water vasthouden en aflaten creëren).

5. CONCLUSIES

5.1 Belangrijkste conclusies bodemchemie

- De bouwvoor bestond voornamelijk uit zand met daaronder over het algemeen zand of lemig zand tot 2 meter diepte. Lokaal varieerde deze laag sterk in lemigheid en ijzerrijkdom;
- Op 8 locaties werd binnen 2 meter leem aangetroffen in het profiel. Of de aanwezigheid van een leemlaag echter bepalend is voor de habitatgeschiktheid van kleine schorseneer, is echter onbekend;
- Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het agrarische gebruik (lokaal sterk) verrijkt is met fosfaat tot concentraties die te hoog zijn voor de ontwikkeling van soortenrijke schrale vegetatietypen. De dikte van de aangetroffen bouwvoor in het gebied varieert van 10-50 cm;
- Door middel van een ontgroning van overwegend 20-40 cm kunnen P-gelimiteerde omstandigheden worden gecreëerd (eventueel in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuurtypen. In Figuur 14 worden de inrichtingsadviezen en ontwikkelingsmogelijkheden per locatie ruimtelijk weergegeven. Lokaal liggen kansen voor ontwikkeling van P-gelimiteerde natuur na afgraven van de P-verrijkte bouwvoor. Wanneer aanvullend verschrallingsbeheer vereist is betekent dit dat de condities nog niet voldoende P-arm zijn na inrichting;
- De dikte van de bouwvoor kan afwijken van de aangetroffen bouwvoordikte op de monsterlocatie. Bij inrichting van het terrein is de bodemopbouw dan ook leidend. Een ontgroning dient te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem. Dit maakt geen onderdeel uit van de opdracht.
- Na verschralling liggen in het gebied kansen voor de ontwikkeling van heischraal grasland of droge heide. Zonder ontgroning is ontwikkeling van een kruiden- en faunairijk grasland mogelijk. In de sterk P-verrijkte gronden kan op korte termijn door middel van verschralling ingezet worden op ontwikkeling van een suboptimaal kruiden- en faunairijk grasland en op den duur ontwikkeling van een soortenrijk kruiden- en faunairijk grasland.

5.2 Aanbevelingen

- Na het bereiken van de gewenste verschralling (na verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein op te brengen (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (zowel bodemchemisch als mogelijk hydrologisch) te creëren voor de beoogde doelsoorten. Daarnaast dient een zaaiprogramma (en mogelijk kweekprogramma) voor kleine schorseneer opgezet te worden om de soort te herintroduceren in de Schaangedennen.

6. LITERATUUR

- Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.
- Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.
- De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* **140**: 318-328.
- Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* **38** (17): 28-30.
- Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* **110** (1): 43-46.
- Loeb, R., & E. Verbaarschot, in prep. Kwaliteitsimpuls heischrale graslanden Borger-Odoorn- Onderzoek naar bodemchemie. Rapportnr. 21.0662.58. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Loeb, R., van der Bij, A., Bobbink, R., Frouz, F.J., Vogels, J.J., Benetková, P., van Diggelen, R., druk. Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden - Eindrapportage fase 2. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische zaken, Den Haag, Rapportnummer 2017/2017/ OBN216-DZ.
- Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- 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.
- Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink, A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* **3**(4): 5-11.
- Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* **110**: 33-38.

- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* 45: 701-708.
- Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973-985.
- Weijters M.J., A.U. van der Bij, J.A. Harris, M. Pawlett, W.-J. Emsens, J. Frouz, P. Benetkova, E. Verbruggen, D. Radujkovic, E. Verbaarschot, R. van Klink, R. Vermeulen, R. van Diggelen & R. Bobbink, 2020. Praktijkproef heideontwikkeling op voormalige landbouwgrond in het Noorderveld (Dwingelderveld). Provincie Drenthe. Weijters, M., R. Loeb & R. Bobbink, 2019. Bodemchemische metingen op (potentiële)groeiplaatsen van Kleine schorseneer. Rapportnr. 18.183.19.20. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- F. van der Zee, R. Bobbink, R. Loeb, M. Wallis de Vries, G. Oostermeijer, S. Luijten & M. de Graaf, 2017. Naar een Actieplan Heischrale graslanden. Hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland? Alterra-rapport 2812. Alterra, Wageningen.

.....