



BIJLAGEN BIJ M.E.R.-BEOORDELING SLM024284.RAP01.DB, VERSIE V2A

Bijlage 1

- [m.e.r.-beoordeling PIP 2018/2019](#)

Bijlage 2

- [Inrichtingsplan \(versie 24-04-2024\)](#)

Bijlage 3

- [a-g Rapporten ijzeroxideslib](#)

Bijlage 4

- [vernatting irt agrarisch grondgebruik](#)

BIJLAGE

1

M.E.R.-
BEOORDELING PIP
2018/2019



Aanmeldnotitie vormvrije m.e.r.- beoordeling

Landgoederen Oldenzaal noordelijk en zuidelijk
deelgebied

Opdrachtgever: Provincie Overijssel

Lievens Milieu B.V.

Documentnummer
SLS003277.RAP002.DB

KvK
30152124

Telefoon
+31 (0)88 910 20 00

Versie
4

Postadres
Sleperweg 10
6222 NK Maastricht

Internet
www.lievens.com

Datum
15 november 2018

Colofon

Rapporthistorie

V2 27-11-2017
V3 02-10-2018

Verantwoording

Contactgegevens

Dilly Boer
06 23 22 7485
dboer@lievense.com

Autorisatie

Documentnummer	Versie	Status
SLS003277.RAP002.DB	4	definitief

Opgesteld door	Functie	Datum	Paraaf
Lisette Dam/Dilly Boer		31 oktober 2018	

Geverifieerd door	Functie	Datum	Paraaf
pm			

Akkoord projectleider	Functie	Datum	Paraaf
Dilly Boer	Jurist/projectleider	31 oktober 2018	

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding vormvrije m.e.r.-beoordeling	1
1.2	Doel vormvrije m.e.r.-beoordeling	4
2	Procedure m.e.r.-beoordelingsplicht	5
2.1	Een m.e.r.-beoordelingsplichtige) activiteit	5
3	Kenmerken en plaats van het project	7
3.1	Noordelijk deelgebied	7
3.2	Zuidelijk deelgebied	7
4	Kenmerken van mogelijke effecten	9
4.1	Algemene inleiding	9
4.2	Noordelijk deelgebied	9
4.3	Zuidelijk deelgebied	16
5	Cumulatie en conclusie	23
5.1	Cumulatie maatregelen noordelijk en zuidelijke deelgebied	23
5.2	Cumulatie met overige projecten	24
5.3	Conclusie	25
6	Literatuur en overige bronnen	26
	Overzicht bijlagen	28
	Bijlage 1	29
	- Ontgravingen noordelijk deelgebied	
	Bijlage 2	30
	- Ontgravingen zuidelijk deelgebied	
	Bijlage 3	31
	- Maatregelenkaart	
	Bijlage 4	32
	- Onderzoek muggen en knutten	

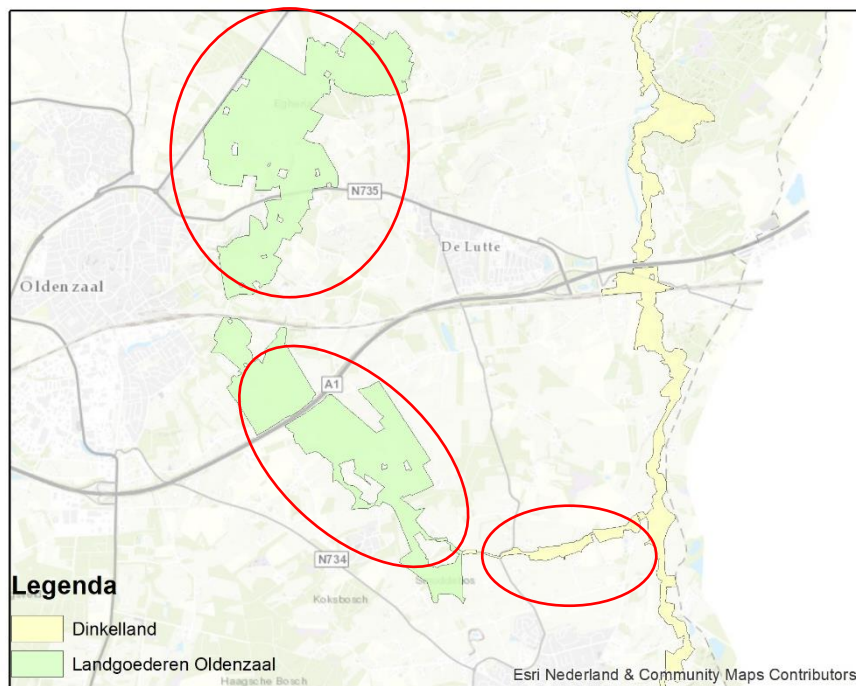
1 Inleiding

1.1 Aanleiding vormvrije m.e.r.-beoordeling

De provincie Overijssel werkt met het programma 'Ontwikkelopgave /Natura 2000' aan de wettelijke natuurherstelopgaven vanuit Natura 2000 (Wet natuurbescherming) en de PAS (Programma Aanpak Stikstof). Samen met partners zet zij zich in om de instandhoudingsdoelstellingen voor de aangewezen habitattypen en –soorten te behalen. In het kader van het PAS worden maatregelen genomen om de effecten van stikstofdepositie op kwetsbare habitattypen te verminderen. Eén van de Natura 2000-gebieden in provincie Overijssel is "Landgoederen Oldenzaal". Het gebied ligt aan de voet van de stuwwal van Oldenzaal tussen Oldenzaal, Losser en Lutte (figuur 1). Voor de natuurherstelopgave is het gebied opgedeeld in een noordelijk en zuidelijk deelgebied van elkaar gescheiden door de A1. Deze twee deelgebieden kennen geen inhoudelijke relatie. De deelgebieden maken deel uit van verschillende stroomgebieden. Het *noordelijk deelgebied* kent de volgende stroomgebieden:

- de Rossumerbeek;
- de Stakenbeek;
- de Weerselosebeek;
- de Roelinksbeek en
- de Linderbeek.

Het *zuidelijk deelgebied* bevat het stroomgebied van de Snoeyinksbeek met daarbij onderscheiden de bovenloop, middenloop en benedenloop van de beek. Een klein deel van maatregelen - Snoeyinksbeek benedenloop - ligt in het Natura 2000 gebied Dinkelland, maar wordt meegenomen in het inpassingsplan.



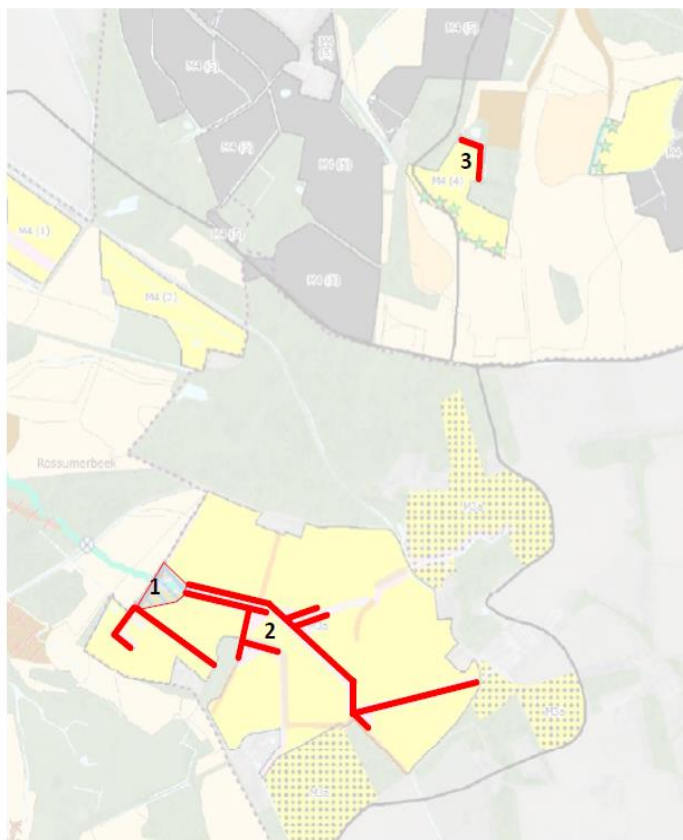
Figuur 1: Ligging noordelijk en zuidelijk deelgebied

In het Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal (zie bijlage 1 bij het Provinciaal Inpassingsplan Landgoederen Oldenzaal) is per stroomgebied een set van maatregelen opgesteld. Bij deze maatregelen hoort ook het verondiepen van watergangen en het graven en inrichten van retentiebekkens. De benodigde graafwerkzaamheden vinden plaats op een oppervlak van in totaal 1,8 ha in het noordelijk gebied en 6,4 ha in het zuidelijk deel (zie onderstaande afbeeldingen en de kaarten in bijlage 1 en 2 bij deze aanmeldnotitie).

Ontgravingen noordelijk deelgebied:

1. 0,5 ha, 20 cm afgraven, 1000 m³ (retentiegebied)
2. 1,5 ha, 10 cm afgraven, 1200 m³ (bufferstroken met randdam)
3. 0,1 ha, 10 cm afgraven, 100 m³ (bufferstroken met randdam)

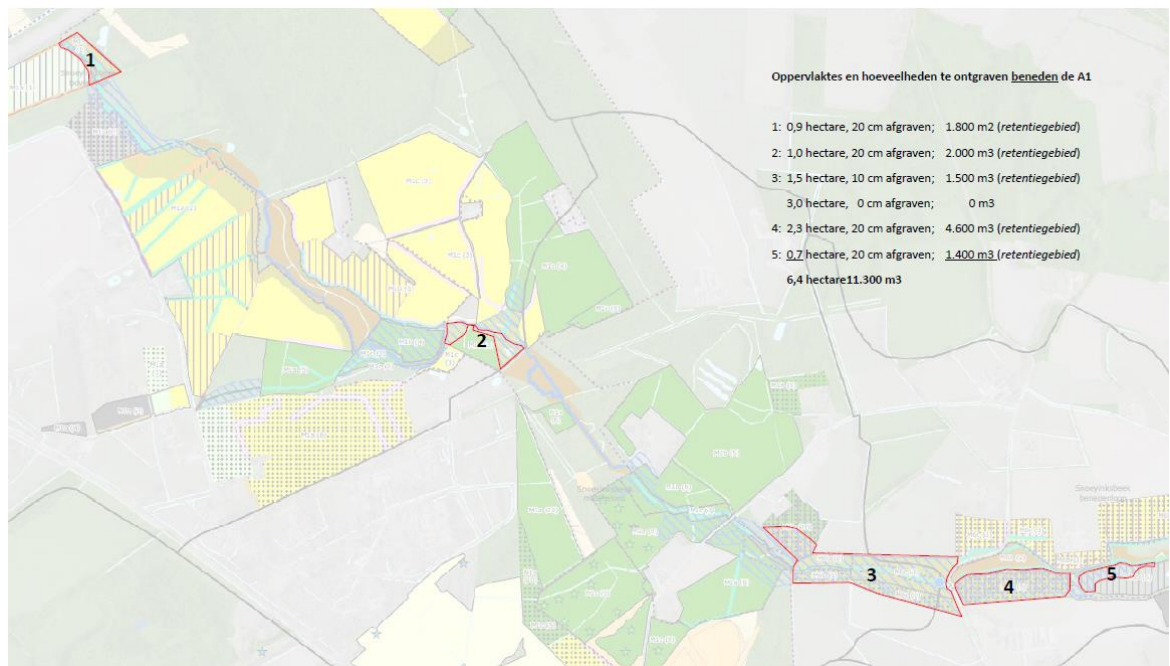
Totaal: 1,8 ha, 2300 m³



Figuur 2 ontgravingen noordelijk deelgebied

Ontgravingen zuidelijk deelgebied:

1. 0,9 ha, 20 cm afgraven, 1800 m³ (retentiegebied);
 2. 1,0 ha, 20 cm afgraven, 2.000 m³ (retentiegebied);
 3. 1,5 ha, 10 cm afgraven, 1.500 m³ (retentiegebied, benedenloop Snoeyinksbeek);
 4. 2,3 ha, 20 cm afgraven, 4.600 m³ (retentiegebied, benedenloop Snoeyinksbeek);
 5. 0,7 ha, 20 cm afgraven, 1.400 m³ (retentiegebied, benedenloop Snoeyinksbeek);
- Totaal: 6,4 ha, 11.300 m³



Figuur 3 ontgravingen zuidelijk deelgebied

Hiervoor wordt per deelgebied een ontgrondingsvergunning aangevraagd of melding ingediend bij de provincie Overijssel. Ten behoeve van deze procedure zal te zijner tijd een afzonderlijke vormvrije m.e.r. beoordeling worden uitgevoerd. Die vormvrije m.e.r. beoordeling zal meer ingaan op de uitvoeringswijze.

Om de voorgenomen maatregelen uit het inrichtingsplan planologisch mogelijk te maken, wordt een Provinciaal Inpassingsplan opgesteld. Gedeputeerde Staten van Provincie Overijssel treden op als initiatiefnemer van het voornemen om een provinciaal inpassingsplan op te stellen. Provinciale Staten nemen als bevoegd gezag het definitieve (vaststellings-)besluit. Omdat de provincie Overijssel zowel de initiatiefnemer als het bevoegde gezag is, zijn deze rollen in ambtelijke functies gescheiden.

Ten behoeve van het op te stellen provinciale inpassingsplan dat het kader vormt voor de latere vormvrije m.e.r.-beoordelingsplichtige activiteit “ontgrondingen” wordt deze “vormvrije plan- m.e.r. beoordeling” opgesteld. In deze “vormvrije plan-m.e.r. beoordeling” en de later bij de ontgrondingsvergunningen op te stellen vormvrije m.e.r.-beoordelingen moet worden beoordeeld of er belangrijke nadelige gevolgen zijn voor het milieu. Als dat zo is, dan moet alsnog een MER worden opgesteld met de daarbij behorende procedure.

1.2 Doel vormvrije m.e.r.-beoordeling

Als er geen directe m.e.r.-plicht geldt, moet het bevoegd gezag bepalen of door uitvoering van de voorgenomen maatregelen sprake is van zodanige negatieve effecten voor het milieu, dat het doorlopen van de m.e.r.-procedure wenselijk/noodzakelijk is. Sinds de wijziging van de m.e.r.-wetgeving (7 juli 2017) moeten Gedeputeerde Staten (GS) voorafgaand aan het vaststellen van een ontwerp PIP hierover een besluit nemen. In dit geval gebeurt dat op basis van deze vormvrije m.e.r.-beoordelingsnotitie.

Ondanks dat het inrichtingsplan een set aan maatregelen bevat, richt deze m.e.r.-beoordeling zich in de kern op de plag- en graafwerkzaamheden. Dit vanwege het feit dat alleen deze activiteit m.e.r.-beoordelingsplichtig is (zie verder H2). In deze notitie is de informatie opgenomen op basis waarvan het bevoegd gezag kan toetsen of sprake is van mogelijk belangrijk nadelige gevolgen van de ontgrondingen voor het milieu. In geval dat nadelige milieugevolgen niet worden uitgesloten, zal een m.e.r.-procedure worden doorlopen. Als geen nadelige milieugevolgen optreden, wordt gemotiveerd aangegeven dat geen m.e.r.-procedure hoeft te worden doorlopen.

GS houdt bij zijn beslissing rekening met de volgende criteria:

- kenmerken van het project;
- plaats van het project;
- kenmerken van het potentiële effect.

(deze criteria volgen uit Bijlage III, M.e.r.-richtlijn).

2 Procedure m.e.r.-beoordelingsplicht

2.1 Een m.e.r.-beoordelingsplichtige activiteit

In de bijlage bij het Besluit m.e.r. zijn activiteiten met drempelwaarden opgenomen op basis waarvan de noodzaak van het wel of niet opstellen van een m.e.r.-beoordeling (onderdeel D) of meteen een milieueffectrapportage (onderdeel C) wordt bepaald. In onderdeel C is aangegeven bij welke activiteiten waarschijnlijk sprake is van belangrijke nadelige milieugevolgen. Hiervoor geldt een directe verplichting voor het doorlopen van de m.e.r.-procedure (onderdeel C). Onderdeel D bevat activiteiten waarvoor een m.e.r.-beoordelingsplicht geldt. Als blijkt dat aanzienlijke nadelige milieugevolgen niet zijn uit te sluiten, is alsnog een m.e.r.-procedure nodig. De opgenomen drempelwaarden zijn gebaseerd op algemene kenmerken van een activiteit en een globale aanname dat bij gevallen onder de drempelwaarde geen belangrijke nadelige milieugevolgen zullen optreden.

De natuurherstelmaatregelen vallen onder de volgende categorieën van het Besluit m.e.r.:

- (D9) Een landinrichtingsproject dan wel een wijziging of uitbreiding daarvan, waarbij het een functiewijziging betreft met een oppervlakte van 125 ha of meer van water, natuur, recreatie of landbouw;
- (C16.1) De ontginning dan wel wijziging of uitbreiding van de ontginning van steengroeven of dagbouw mijnen, met inbegrip van de winning van oppervlaktedelfstoffen uit de landbodem, anders dan bedoeld in categorie 16.2 of 16.4 van onderdeel C van deze bijlage met een oppervlakte van meer dan 25 ha;
- (D16.1) De ontginning dan wel wijziging of uitbreiding van de ontginning van steengroeven of dagbouw mijnen, met inbegrip van de winning van oppervlaktedelfstoffen uit de landbodem, anders dan bedoeld onder D16.2 met een oppervlakte van meer dan 12,5 ha.

Op grond van categorie 16.1 van onderdelen C en D van de bijlage bij het Besluit m.e.r. is delfstoffenwinning m.e.r.-plichtig wanneer er 25 hectare of meer wordt ontgrond en m.e.r.-beoordelingsplichtig wanneer er meer dan 12,5 hectare wordt ontgrond. De ontgrondingen in de deelgebieden bedragen respectievelijk 1,8 en 6,4 ha, de drempelwaardes worden niet gehaald.

Op grond van categorie 9 van onderdeel D van de bijlage bij het Besluit m.e.r. is functiewijziging met een oppervlakte van 125 ha of meer m.e.r.-beoordelingsplichtig. Met een totale oppervlakte van 95 ha wordt ook deze drempelwaarde niet overschreden.

Het Besluit m.e.r. schrijft dat ook voor activiteiten die onder de drempelwaarde blijven belangrijke nadelige milieueffecten kunnen optreden, een zogenaamde vormvrije plan-m.e.r.-beoordeling moet worden opgesteld. Bij de aanvraag van de ontgrondingenvergunning wordt een vormvrije project-m.e.r.-beoordeling gevraagd.

In deze aanmeldnotitie, voor de vormvrije m.e.r.-beoordeling, worden per deelgebied de milieueffecten beoordeeld. Hiervoor is gekozen, omdat gezien de kenmerken van de

deelgebieden (o.a. fysiek gescheiden door een snelweg) de twee deelgebieden als twee afzonderlijke projecten worden beschouwd. Wel is er in deze vormvrije m.e.r.-beoordeling gekeken naar de samenhang tussen de deelgebieden.

3 Kenmerken en plaats van het project

3.1 Noordelijk deelgebied

Rondom het Natura 2000-gebied “Landgoederen Oldenzaal” worden maatregelen getroffen ter bevordering van het ontwikkelen van natuurlijke waarden, met het doel om in het Natura 2000-gebied de instandhoudingsdoelstellingen van de aangewezen habitattypen- en soorten te behalen.

De natuurherstelmaatregelen zijn gericht op de bescherming van het Vochtige alluviale bos, het Eiken-haagbeukenbos en het Beuken-eikenbos met hulst. Het Eiken-haagbeukenbos kent ook een uitbreidingsdoelstelling. De maatregelen omvatten het terugdringen van verdroging en het tegengaan van eutrofiëring. De uitvoering van de maatregelen heeft gevolgen voor agrarisch gebruikte gebieden. Het landbouwkundig gebruik wordt geheel of gedeeltelijk beperkt om optimale condities te realiseren voor de instandhoudingsdoelstellingen.

De voor deze aanmeldnotitie relevante maatregelen (ontgrondingen/grondverzet) in het gebied zijn:

- het aanleggen van een retentievoorziening;
- het aanleggen van een aantal randdammen;

Daarnaast zijn de volgende maatregelen voorzien:

- het dempen van sloten;
- het ophogen (‘verondiepen’) van beken en sloten;
- het aanpassen van duikers;
- het aanleggen van ‘bufferstroken’ en ‘-zones’ (en greppels);
- het aanleggen van drempels;
- het verwijderen of onklaar maken van drainagesystemen;
- het herstellen van houtwallen.

3.2 Zuidelijk deelgebied

De natuurherstelmaatregelen in dit deelgebied zijn gericht op de bescherming van het Vochtige alluviale bos, het Eiken-haagbeukenbos en het Beuken-eikenbos met hulst. In Natura 2000-gebied “Dinkelland”, waar een deel van de Snoeyinksbeek ligt, zijn de maatregelen gericht op de instandhoudingsdoelstelling van het Vochtige alluviale bos en de Pioniersvegetaties met snavelbies.

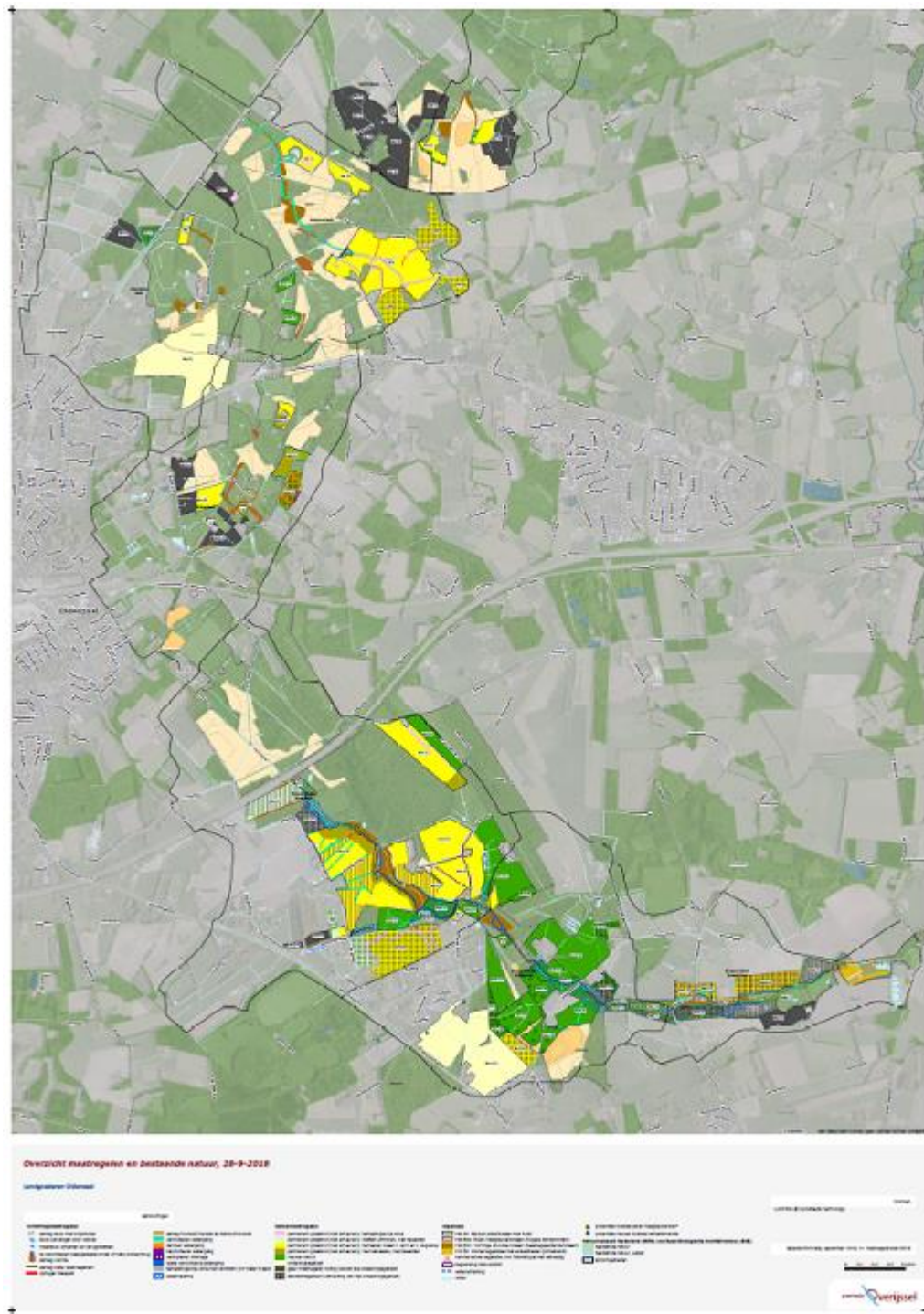
De maatregelen omvatten het terugdringen van verdroging en het tegengaan van eutrofiëring. De uitvoering van de maatregelen heeft gevolgen voor agrarisch gebruikte gebieden. Het landbouwkundig gebruik wordt geheel of gedeeltelijk beperkt om optimale condities te realiseren voor de instandhoudingsdoelstellingen. Een kort overzicht van de relevante maatregelen (ontgrondingen/grondverzet) die in het gebied genomen gaan worden, zijn het:

- afgraven van percelen voor waterberging;

In het zuidelijke deelgebied zijn verder de volgende ingrepen gepland:

- het aanleggen van voorde;
- het aanleggen van stortstenen drempel;
- het ophogen ('verondiepen') van beken en sloten;

De maatregelen zijn weergegeven op onderstaande afbeelding (zie ook bijlage 3).



Figuur 4 maatregelenkaart (zie ook bijlage 3)

4 Kenmerken van mogelijke effecten

4.1 Algemene inleiding

In dit hoofdstuk worden de (mogelijke) effecten van de maatregelen beschreven. Hierbij wordt ingegaan op de effecten op natuur, bodem en water, archeologie, landschap en cultuurhistorie (ruimtelijke kwaliteit), hinder tijdens uitvoering, uitvoeringsaspecten en klimaat en duurzaamheid. Effecten worden bepaald ten opzichte van de huidige situatie, zonder uitvoering van maatregelen, en worden afhankelijk van de effecten kwantitatief of kwalitatief gedaan. De kwalitatieve beoordeling is gedaan op basis van expert beoordeling en beschikbare onderzoeken/QuickScans voor de aspecten ecologie, water en bodem. Kwantitatieve beoordelingen hebben een rapport met referentie als onderbouwing. Per effect wordt onderscheid gemaakt tussen tijdelijke effecten en onomkeerbare effecten om zo te bepalen hoe ingrijpend de werkzaamheden zijn. Daarnaast wordt aangegeven hoe groot de kans is dat het effect optreedt en wat de grootte en het bereik is van het effect om het risico inzichtelijk te maken.

4.2 Noordelijk deelgebied

Het noordelijk deelgebied omvat het stroomgebied van vijf beken, namelijk de Linderbeek, Roelinksbeek, Rossumerbeek, Weerselose beek en Stakenbeek. In het inrichtingsplan (bijlage 1 bij het PIP Landgoederen Oldenzaal) wordt aangegeven dat tussen de verschillende stroomgebieden soms grote onderlinge verschillen zijn, vooral in ondergrond en waterhuishouding, waardoor de beken verschillende eigenschappen vertonen. In de omschrijving van de effecten is, waar relevant, onderscheid gemaakt tussen deze beken.

4.2.1 Natuur

Het Natura 2000-gebied "Landgoederen Oldenzaal" is begrensd als Habitatrichtlijngebied. Het gebied is aangewezen als speciale beschermingszone voor:

Habitattypen:

- Beuken-eikenbossen met hulst (H9120)
- Eiken-haagbeukenbossen (H9160A)
- Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen) (H91E0C)

Habitatsoorten

- Kamsalamander.

De inrichtingsmaatregelen leiden tot vernatting en gaan eutrofiëring tegen. De habitattypen Vochtige alluviale bossen en Eiken-haagbeukenbossen profiteren omdat deze goed gedijen bij hoge grondwaterstanden. Hoewel het vernattingseffect beperkt blijft tot de directe omgeving van de vernattingsmaatregelen kunnen lokaal de condities voor het wat drogere habitatype Beuken-Eikenbossen met Hulst verminderen. Aan de hand van de beschikbare habitattypenkaart, bodemkaart en grondwaterstanden is het oppervlakte Beuken-Eikenbossen met Hulst voor het noordelijk en zuidelijk deelgebied dat mogelijk negatief wordt beïnvloed door de maatregelen, bepaald op 0,65 ha. Het mogelijk verlies aan kwaliteit of oppervlakte van dit habitatype wordt min of meer goed gemaakt door de winst voor de

andere genoemde habitattypen, Vochtige alluviale bossen en Eiken-haagbeukenbossen. In feite wordt het ene habitatype (mogelijk) vervangen door een ander, waardoor geen belangrijke nadelige milieugevolgen ontstaan. Het is wel de wens om elders bosaanplant te realiseren (Ecogroen, 2017b).

Voor de werkzaamheden is geen ontheffing nodig, omdat deze worden genomen ten behoeve van de Natura 2000 doelen. Er moet wel zorgvuldig worden omgegaan met de aanwezige soorten. Ecogroen heeft onderzoek gedaan naar de aanwezige soorten met specifieke aandacht voor broedvogels, Kamsalamander, Kleine ijsvogelvinder, Grote weerschijnvlinder en Grote bosmuis.

- In het plangebied broeden Buizerd en Havik, waardoor jaarrond beschermde nesten te verwachten zijn;
- Kamsalamander is aanwezig in meerdere poelen in het onderzoeksgebied. Negatieve effecten op Kamsalamander blijven beperkt omdat er niet gewerkt wordt in voortplantingswateren; De effecten op het landbiotoop blijven beperkt. In zijn algemeenheid heeft de vernatting een positief effect op de Kamsalamander. Om eventuele tijdelijke negatieve effecten te minimaliseren heeft Ecogroen mitigerende maatregelen voorgesteld. Werkzaamheden binnen een afstand van 100 meter vanaf voortplantingswateren worden uitgevoerd in september-oktober in de actieve periode van Kamsalamander (Ecogroen, 2017a).
- In het plangebied is tijdens het veldwerk de beschermde Kleine ijsvogelvinder aangetroffen. Effecten op het leefgebied van deze soort en specifiek de waardplant kamperfoelie blijven beperkt. Lokaal is leefgebied voor de Grote weerschijnvlinder aanwezig in de vorm van een wilgenbos;
- In het plangebied is leefgebied aanwezig voor de beschermde Grote bosmuis en vleermuizen. De werkzaamheden zullen tijdelijk enige invloed hebben op het leefgebied van Grote bosmuis. Effecten op vleermuizen zijn verwaarloosbaar omdat er in principe geen bomen (met holten) worden gekapt;
- Verblijfplaatsen van in de Wet natuurbescherming beschermde planten, vissen, reptielen en weekdieren zijn niet aangetroffen en worden op basis van biotoopkenmerken en bekende verspreidingsgegevens ook niet in het onderzoeksgebied verwacht. Voor deze soortgroepen gelden daarom geen verplichte vervolgacties.

Ecogroen heeft een ecologisch werkprotocol opgesteld met werkwijze en planning in ruimte en tijd om eventuele negatieve effecten tot een minimum te beperken. Belangrijk daarin zijn het werken buiten het broedseizoen van de aanwezige vogels en de inzet van een ecologisch toezichthouder om kwetsbare terreindelen te markeren (Ecogroen, 2017a).

Tijdens de uitvoeringsfase zijn geen belangrijke nadelige effecten te verwachten op Natuur omdat gewerkt wordt volgens een ecologisch werkprotocol. Werken volgens een ecologisch werkprotocol is een voorwaarde die wordt opgelegd aan de later te selecteren aannemer. Overigens geldt ook de zorgplicht uit artikel 1.11 Wet natuurbescherming die ertoe leidt dat geen belangrijke effecten als bedoeld in de Wet milieubeheer te verwachten zijn op soorten omdat de uitvoerder anders in overtreding is. Mitigerende maatregelen zijn dan ook niet nodig.

Conclusie

Het plan heeft positieve effecten op de habitattypen Vochtige alluviale bossen en Eiken-haagbeukenbossen vanwege de lokaal hogere grondwaterstanden. Dit weegt op tegen het mogelijke verlies of kwaliteitsverlies van een beperkt areaal van het drogere habitatype Beuken-Eikenbossen met Hulst. Bovendien is het de wens om elders bosaanplant (en dus uitbreiding) van dit habitatype te realiseren. Mogelijke effecten op andere aanwezige soorten zijn tijdelijk en worden tot een minimum beperkt doordat de aannemer wordt verplicht te werken volgens een ecologisch werkprotocol.

4.2.2 Bodem en water

Het noordelijke gebied bestaat voornamelijk uit tertiaire klei met soms een toplaag van zand of een minerale eerdlaag door het potstal systeem. In dit gebied worden randdammen aangelegd en een retentiegebied gerealiseerd.

De Rossumerbeek ontspringt op de flanken van de Paaschberg en de Tankenberg, waar zich kwellocaties bevinden in de landbouwpercelen. Waterschap Vechtstromen is verantwoordelijk voor het waterbeheer in dit gebied. De afvoer van water is vooral oppervlakkig, door de aanwezige klei in de bodem. Het aanleggen van randdammen moet deze oppervlakkige wegspoeling vertragen en het water langer vasthouden. Hierdoor zijn ten tijde van een regenbui de omstandigheden natter dan voor de aanleg van die randdammen. De grondwaterstromen zijn minimaal en worden groter als gevolg van de maatregelen. Het aanleggen van het retentiegebied zorgt ook voor nattere omstandigheden. Deze vernatting van het gebied is gewenst vanuit het behoud en de versterking van Vochtig alluviale bossen en heeft tot gevolg dat het bos lokaal periodiek overstroomt (zie ook het inrichtingsplan in bijlage 1 bij het PIP Landgoederen Oldenzaal).

De bodemkwaliteitskaart van zowel de gemeente Oldenzaal als de gemeente Losser geven de kwaliteitsklasse "schoon" (Witteveen+Bos, kenmerk ODZ51-1/strg/006, oktober 2011; CSO Adviesbureau, kenmerk 06. J036, juni 2008). Uit een inventarisatie van de provincie Overijssel blijkt dat op de plaatsen waar maatregelen worden genomen, geen asbestverdachte gronden aanwezig zijn (kaart beschikbaar via de bodematlas van de provincie Overijssel¹).

Conclusie

De inrichtingsmaatregelen leiden lokaal tot vernatting ten gunste van de Vochtige alluviale bossen. Er zijn geen verontreinigingen in het toekomstige retentiegebied en ter plaatse van de geplande randdammen. Hierdoor zijn geen nadelige effecten voor bodem en water te verwachten.

4.2.3 Archeologie, landschap en cultuurhistorie (ruimtelijke kwaliteit)

Op een aantal plaatsen is de archeologische verwachtingswaarde in dit deelgebied hoog. Werkzaamheden worden aan het oppervlak verricht. Hierdoor wordt niet diep gegraven of grond geroerd. Graafwerkzaamheden tot 30 cm onder maaiveld mogen zonder archeologisch (voor)onderzoek verricht worden, met dien verstande dat als men een toevalsvondst doet, dit direct gemeld moet worden bij het bevoegd gezag, de gemeente

¹ Bron: <http://gisopenbaar.overijssel.nl/viewer/app/bodematlas/v1>

Losser. Op ongeveer 500 meter van het plangebied bevindt zich een grafheuvel uit de Bronstijd of IJzertijd, maar deze valt buiten het werkgebied.

Het landschapsbeeld in Overijssel kenmerkt zich door reliëf en kleinschaligheid. Er zit veel afwisseling tussen (kleine) bossen, akkers en graslanden. Hier tussendoor lopen verschillende beken, met bijbehorende flora en fauna. De inrichtingsmaatregelen dragen bij aan het behoud en versterken (van het functioneren) van het beekstelsel. Hiermee worden de condities voor het daarbij passend leefgebied van plant- en diersoorten versterkt. Het plan draagt bij aan de ambitie van een en continu en beleefbaar watersysteem als dragende structuur van Overijssel (Provincie Overijssel, 2016).

Conclusie

Er worden geen belangrijke nadelige milieugevolgen verwacht voor de onderdelen archeologie, cultuurhistorie en landschap als gevolg van deze plannen. Door de inrichtingsmaatregelen wordt de ruimtelijke kwaliteit behouden, dan wel versterkt.

4.2.4 Hinder tijdens uitvoering (geluid, stikstof en verkeer)

Tijdens de uitvoer van de werkzaamheden is er een tijdelijke toename van de geluidsemissie te verwachten door het gebruik van machines, voor de aanleg van randdammen, maar vooral voor het ontgraven van retentiegebied. In de gebruiksfase is dit weer zoals voor de uitvoering.

Het gebruik van machines leidt ook tot een tijdelijke toename van stikstofdepositie, die gevolgen kan hebben voor de hiervoor gevoelige habitattypen Beuken-eikenbossen met hulst, Eiken-haagbeukenbossen en Vochtige Alluviale bossen. Uit AERIUS-berekeningen blijkt dat de tijdelijke toename maximaal 0,42 mol/ha/jaar bedraagt op het Natura 2000-gebied "Landgoederen Oldenzaal" en maximaal 0,23 mol/ha/jaar op het Natura 2000-gebied "Dinkelland" (Ecogroen, 2017b). Deze, tijdelijke, toename blijft ruim onder de landelijke grenswaarde van 1 mol/ha/jr (voor deze gebieden gelden geen verlaagde grenswaarden), en is bovendien noodzakelijk om natuurontwikkeling mogelijk te maken. De exacte wijze van uitvoering (aanlegfase) is nog niet vastgelegd. Aandachtspunt bij de uitvoering is de inzet van bepaald materieel om de uitstoot van stikstof te beperken.

Er worden in dit gebied geen gevaarlijke stoffen vervoerd en vrijkomende grond wordt, waar mogelijk binnen het plangebied gebruikt. Verkeers hinder is niet te verwachten.

Conclusie

Op het gebied van geluid ontstaan geen blijvende nadelige milieugevolgen. De tijdelijke toename van stikstofdepositie blijft onder de grenswaarde van 1 mol/ha/jaar. Een passende beoordeling is niet aan de orde. Ten slotte wordt er geen verkeers hinder voorzien als gevolg van de uitvoer van maatregelen.

4.2.5 Uitvoeringsaspecten niet-gesprongen-explosieven en kabels en leidingen

Binnen dit deelgebied zijn drie gebieden aanwezig, waar niet-gesprongen explosieven kunnen voorkomen (Leemans Speciaalwerken, kenmerk S2017.136, september 2017), namelijk: Martha Lager (munitiedepot en verdacht op het voorkomen van meerdere hoofdsoorten CE), Villa Egheria (getroffen door een bombardement en verdacht op de

aanwezigheid van raketten) en een geschutstelling aan de Paasbergweg (verdacht op CE van klein kaliber munitie, geschutmunitie, hand- en geweergranaten, munitie voor granaatwerpers, raketten en ontstekingsinrichtingen). Juist in dit gebied is de aanleg van een retentievoorziening gepland. Voordat de uitvoering van de maatregelen van start gaat, moet nader onderzoek worden gedaan naar niet-gesprongen explosieven, om de veiligheid van werknemers te waarborgen.

In het plangebied zijn verschillende kabels en leidingen aanwezig. Er bevinden zich geen grote of gevaarlijke leidingen (zoals hogedruk gasleidingen) in dit deelgebied. Omdat niet diep gegraven wordt, is er daarom naar verwachting geen conflict met kabels en leidingen. Voor uitvoering van de graafwerkzaamheden wordt een KLIC-melding gedaan.

Conclusie

Er moet nader onderzoek worden gedaan naar de aanwezigheid van niet-gesprongen explosieven. Als deze aanwezig blijken te zijn, zullen deze worden verwijderd en/of onschadelijk gemaakt. Dit aspect zorgt niet voor belangrijke negatieve milieugevolgen. De eventuele aanwezigheid van kabels en leidingen vormen geen belemmering voor de uitvoering van de maatregelen.

4.2.6 Klimaat en duurzaamheid

Door klimaatverandering verwachten klimaat specialisten een extremer weerbeeld met extreem natte en droge periodes. Eén van de geplande maatregelen is het vertragen van piekafvoeren door aanleg van een retentievoorziening in de Rossumerbeek.

Grondwateronttrekkingen voor drinkwaterwinning en industrie komt in en in de directe nabijheid van het Natura 2000-gebied “Landgoederen Oldenzaal” niet voor. Extra verdroging door menselijk gebruik is niet aan de orde.

De realisatie van de maatregelen, het monitoren van die maatregelen en het eventueel bijsturen, leiden tot een duurzaam systeem. Bij het ontwerpen van dat systeem is, in relatie tot de hydrologische aspecten, rekening gehouden met de verwachte klimaatwijzigingen; naar verwachting zal er vaker in korte perioden hevige neerslag optreden. Bij de dimensionering van beekprofielen en retentiegebieden is daarmee rekening gehouden. De realisatie van de maatregelen draagt daarmee in belangrijke mate bij aan het verbeteren van de klimaatbestendigheid van het gebied.

Conclusie

Voor klimaat en duurzaamheid zijn door het plan geen negatieve effecten te verwachten.

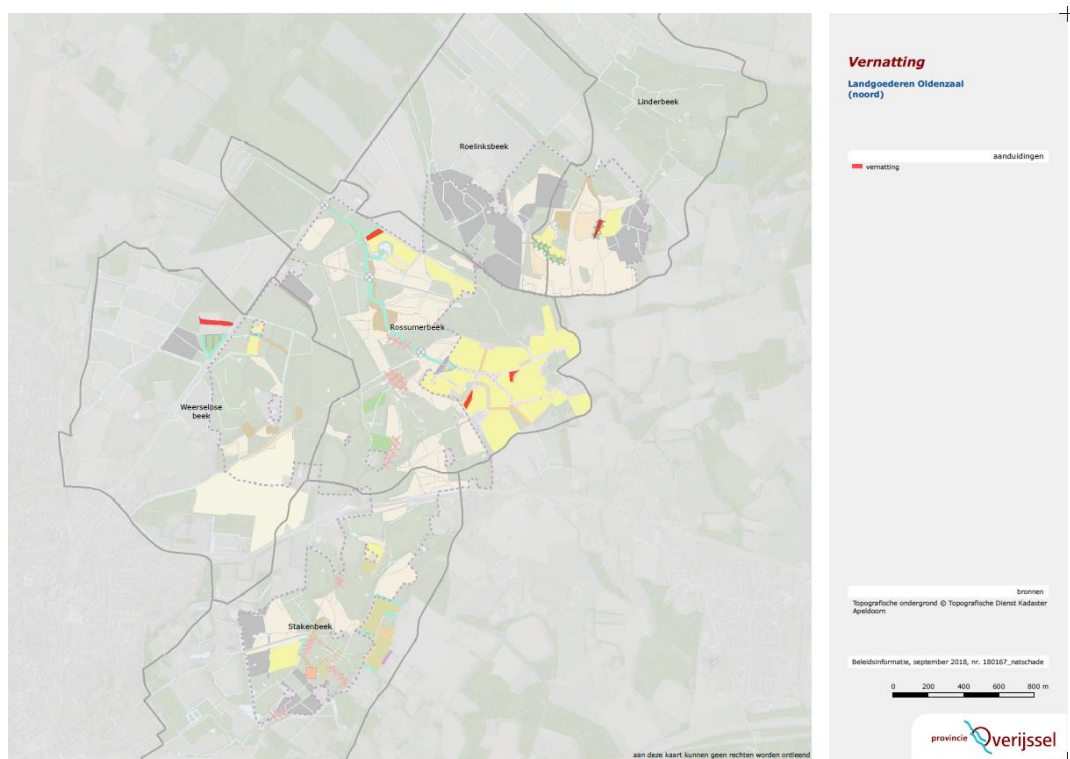
4.2.7 Vernatting en agrarisch grondgebruik

Hydrologische herstelmaatregelen voor Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal en Dinkelland (deel Snoeyinksbeek) hebben ook invloed op gronden buiten het natuurgebied. In veel gevallen gaan de maatregelen om verondieping van waterlopen met peilopzet als gevolg, of het verwijderen van buisdrainage.

Er zullen grondwatereffecten optreden op de gevoelige habitattypen, maar ook op nabijgelegen landbouwgronden. Hiervoor is een natschade-notitie opgesteld (Schaap, 2017

zie bijlage 8 bij het PIP Landgoederen Oldenzaal), waarbij deze effecten op de grondgebruiksmogelijkheden zijn gekwantificeerd. Alle percelen die beïnvloed worden door een grondwaterstandsverhoging als gevolg van de hydrologische herstelmaatregelen uit het inrichtingsplan zijn in deze notitie betrokken. De hogere grondwaterstanden zorgen er voor dat bepaalde percelen in de toekomst geheel niet meer geschikt zijn voor gangbaar agrarisch gebruik of nog beperkt agrarisch kunnen worden gebruikt.

Het totale oppervlak van de percelen die te maken krijgen met vernatting bedraagt 8,4 ha. Voor sommige percelen, in totaal ca. 3,9 ha, verandert er niets, omdat de grondwaterverandering daar minimaal is. Ten slotte zijn er ook landbouwpercelen, ca. 0,8 ha, die voordeel zullen ondervinden van de maatregelen, omdat deze nu te maken hebben met droogteschade.



Figuur 5 natschade noordelijk deelgebied (vernatting is aangegeven met rode vlekken)

De hydrologische effecten zijn dus op perceelsniveau bekend. Met de grondeigenaren die hun agrarische percelen door de maatregelen niet of alleen nog beperkt agrarisch kunnen gebruiken zijn gesprekken gevoerd. Gronden zijn aangekocht en/of agrariërs ontvangen een schadeloosstelling. Als vangnet geldt de Regeling Nadeelcompensatie Ontwikkelopgave Natura 2000 Overijssel 2017.

Vanwege de aard van het gebied en de mogelijke onzekerheid in de daadwerkelijke grondwatereffecten wordt een gericht monitoringsnetwerk voor grondwatereffecten ingericht. Dit monitoringsplan doet dat voor het freatische grondwater in en om het Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal voor wat betreft agrarische percelen en erven.

Conclusie

Het staat vast dat bepaalde agrarische gronden niet of niet volledig meer agrarisch kunnen

wordengebruikt, als gevolg van de maatregelen. Met de individuele eigenaren zijn of worden nog concrete afspraken gemaakt. Verder is er een vangnet voor eventuele restschade en worden de grondwatereffecten van de maatregelen gemonitord op basis van een plan. Gezien deze aanpak is de conclusie gerechtvaardigd dat voor wat betreft dit aspect geen belangrijke nadelige milieugevolgen zullen optreden.

4.2.8 Vernatting en insecten

Vernattingsmaatregelen kunnen leiden tot een tijdelijke vernatting op het maaiveld (waterretentie, waterberging en het ontstaan van kwelplaatsen), met name in en rond de winterperiode en algemeen bij hevige regenval. Hierdoor kan er voor bewoners, recreanten en dieren hinder ontstaan door een toename van muggen, knutten en dazen. Deze insecten kunnen ook veeziekten overbrengen. Er is onderzoek gedaan naar dit onderwerp (34 Vragen en antwoorden over steekmuggen en knutten in relatie tot vernatting”, Piet Verdonschot, WUR, 2018, zie bijlage 4).

In en rond de winterperiode is de temperatuur van het water en de bodem relatief laag, waardoor voortplanting en verspreiding van muggen en knutten zeer beperkt zal zijn. In en rond de zomer is de temperatuur van water en de bodem beter geschikt voor de ontwikkeling van de larven, maar zorgt deze ook voor verdamping, waardoor plassen op maaiveld sneller op zullen drogen.

Uit onderzoek blijkt dat muggen en knutten open gronden mijden. Het is dus van belang open gronden in stand te houden en eventuele vegetatie kort te houden. Veel gronden binnen het plangebied krijgen de bestemming ‘Agrarisch met waarden – Grasland’, waarbij sprake is van de gewenste korte vegetatie.

Dazen vliegen ook over open terreinen. Eventuele hinder kan worden voorkomen of beperkt door het plaatsen van dazenvallen en deze dagelijks te legen en paarden zomerdekens te laten dragen.

Veeziekten (zoals Blauwtong- en Schmallenbergvirus) kunnen niet in eitjes van muggen of knutten overleven. Deze kunnen alleen door muggen en knutten worden overgedragen nadat zij besmette dieren hebben gestoken. Deze ziekten zullen zich dus alleen snel kunnen verspreiden in veedichte gebieden waar al besmette dieren aanwezig zijn. Europese regelgeving schrijft vaccinatie voor bij een uitbraak van Blauwtong. Bij Schmallenberg lijkt het erop dat geïnfecteerde dieren een goede immuniteit ontwikkelen tegen de ziekte.

Conclusie

De vernattingsmaatregelen kunnen leiden tot een toename van insecten en bijbehorende hinder. Vanwege de natuurlijke omstandigheden in winter (door lage temperatuur voortplantingsmogelijkheden beperkt) en zomer (verdamping) is de verwachting is dat dit niet tot belangrijke nadelige milieugevolgen leidt. Eventuele hinder kan nog verder worden beperkt door het kort houden van vegetatie en het plaatsen van dazenvallen. Het doorlopen van een milieueffectrapportage is voor dit onderwerp niet noodzakelijk.

4.3 Zuidelijk deelgebied

Het stroomgebied van de Snoeyinksbeek bestaat uit de boven-, midden- en benedenloop. Tussen deze verschillende gebieden zijn soms grote onderlinge verschillen, vooral in ondergrond en waterhuishouding, waardoor de beek verschillende eigenschappen vertoont. In de omschrijving van de effecten is, waar relevant, onderscheid gemaakt tussen deze onderdelen van de beek.

4.3.1 Natuur

Het zuidelijk deel van het Natura 2000-gebied “Landgoederen Oldenzaal” is begrensd als Habitatrictlijngebied. De benedenloop van de Snoeyinksbeek ligt in het Natura 2000 gebied “Dinkelland”. Het deelgebied is aangewezen als speciale beschermingszone voor:

Habitattypen:

- Beuken-eikenbossen met hulst (H9120)
- Eiken-haagbeukenbossen (H9160A)
- Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen) (H91E0C)
- Pioniervegetatie met snavelbiezen (H7150)

Habitatsoorten

- Kamsalamander
- Rivierdonderpad

De inrichtingsmaatregelen leiden tot vernatting en gaan eutrofiëring tegen. De habitattypen Vochtige alluviale bossen en Eiken-haagbeukenbossen profiteren omdat deze goed gedijen bij hoge grondwaterstanden. Hoewel het vernattingseffect beperkt blijft tot de directe omgeving van de vernattingsmaatregelen kunnen lokaal de condities voor het wat drogere habitatype Beuken-Eikenbossen met Hulst verminderen. Aan de hand van de beschikbare habitattypenkaart, bodemkaart en grondwaterstanden is het oppervlakte Beuken-Eikenbossen met Hulst voor het noordelijk en zuidelijk deelgebied dat mogelijk negatief wordt beïnvloed door de maatregelen, bepaald op 0,65 ha. Het mogelijk verlies aan kwaliteit of oppervlakte van dit habitatype wordt min of meer goed gemaakt door de winst voor de andere genoemde habitattypen, Vochtige alluviale bossen en Eiken-haagbeukenbossen. In feite wordt het ene habitatype (mogelijk) vervangen door een ander, waardoor geen belangrijke nadelige milieugevolgen ontstaan. Mitigatie is niet noodzakelijk. Het is wel de wens om elders bosaanplant te realiseren (Ecogroen, 2017a). Op de maatregelenkaart bij het inrichtingsplan zijn twee gebieden aangewezen waar dit kan plaatsvinden (noordelijk in het noordelijk deelgebied bij M4 (4) en in het zuidelijk deelgebied bij de bovenloop van de Snoeyinksbeek).

Voor de werkzaamheden is geen ontheffing nodig, omdat deze worden genomen ten behoeve van de Natura 2000 doelen. Er moet wel zorgvuldig worden omgegaan met de aanwezige soorten. Ecogroen heeft onderzoek gedaan naar de aanwezige soorten met specifieke aandacht broedvogels, Kamsalamander, Kleine ijsvogelvinder, Grote weerschijnvlinder en Grote bosmuis.

- In het plangebied broeden Buizerd en Havik, waardoor jaarrond beschermde nesten te verwachten zijn;

- Kamsalamander is aanwezig in meerdere poelen in het onderzoeksgebied. Negatieve effecten op Kamsalamander blijven beperkt omdat er niet gewerkt wordt in voortplantingswateren; De effecten op het landbiotoop blijven beperkt. In zijn algemeenheid heeft de vernatting een positief effect op de Kamsalamander. Om eventuele tijdelijke negatieve effecten te minimaliseren heeft Ecogroen mitigerende maatregelen voorgesteld. Werkzaamheden binnen een afstand van 100 meter vanaf voortplantingswateren worden uitgevoerd in september-oktober in de actieve periode van Kamsalamander (Ecogroen, 2017b).
- In het plangebied is tijdens het veldwerk de beschermde Kleine ijsvogelvinder aangetroffen. Effecten op het leefgebied van deze soort en specifiek de waardplant kamperfoelie blijven beperkt. Lokaal is leefgebied voor de Grote weerschijnvinder aanwezig in de vorm van een wilgenbos;
- In het plangebied is leefgebied aanwezig voor de beschermde Grote bosmuis en vleermuizen. De werkzaamheden zullen tijdelijk enige invloed hebben op het leefgebied van Grote bosmuis. Effecten op vleermuizen zijn verwaarloosbaar omdat er in principe geen bomen (met holten) worden gekapt;
- Verblijfplaatsen van in de Wet natuurbescherming beschermde planten, vissen, reptielen en weekdieren zijn niet aangetroffen en worden op basis van biotoopkenmerken en bekende verspreidingsgegevens ook niet in het onderzoeksgebied verwacht. Voor deze soortgroepen gelden daarom geen verplichte vervolgacties. Vanuit de zorgplicht bevelen we wel aan om voorzorgsmaatregelen te nemen voor de groeiplaatsen van Slanke sleutelbloem.

Ecogroen heeft een ecologisch werkprotocol opgesteld met werkwijze en planning in ruimte en tijd om eventuele negatieve effecten tot een minimum te beperken. Belangrijk daarin zijn het werken buiten het broedseizoen van de aanwezige vogels en de inzet van een ecologisch toezichthouder om kwetsbare terreindelen te markeren.

Conclusie

Het plan heeft positieve effecten op de habitattypen Vochtige alluviale bossen, Eiken-haagbeukenbossen en Pioniervegetaties met snavelbiezen vanwege de lokaal hogere grondwaterstanden. Dit weegt op tegen het mogelijke verlies of kwaliteitsverlies van een beperkt areaal van het drogere habitatype Beuken-Eikenbossen met Hulst. Bovendien is het de wens om elders bosaanplant (en dus uitbreiding) van dit habitatype te realiseren. Mogelijke effecten op andere aanwezige soorten zijn tijdelijk en worden tot een minimum beperkt door ecologisch werkprotocol.

4.3.2 Bodem en water

Van west naar oost gaat de ondergrond van de Snoeyinksbeek en directe omgeving over van keileem (van de stuwwal) en tertiaire klei in dekzand. De bodem van de boven- en middenloop bevat voornamelijk keileem met af en toe een dunne laag (dek) zand, de benedenloop bestaat voornamelijk uit dekzand.

De werkzaamheden rondom de Snoeyinksbeek bestaan uit verondiepingen-, en graafwerkzaamheden, onder andere voor de aanleg van 0,2 ha retentiegebied. De graafwerkzaamheden zijn niet dieper dan 20 cm gepland. Door de relatief oppervlakkige afgravingen, wordt de ondergrond ongeroerd gelaten. Ook hier zijn geen bijzondere vernoemingen op de bodemkwaliteitskaart te vinden. Uit een inventarisatie van de provincie

Overijssel blijkt dat op de plaatsen waar maatregelen worden genomen geen asbestverdachte gronden aanwezig zijn (kaart beschikbaar via de bodematlas van de provincie Overijssel²).

Waterschap Vechtstromen is verantwoordelijk voor het waterbeheer in de Snoeyinksbeek. Er is gedurende het jaar een lage afvoer en de beek reageert direct op een neerslag event. In de benedenloop is de interactie minder direct door de mogelijkheid voor waterberging in het aanwezige zandpakket. Door de aanwezige keileem in de bovengrond is er beperkt grondwaterwaterstroming. Naar het oosten neemt de grondwaterstroming toe als gevolg van de aanwezige zandgronden. Daarnaast bevat één sloot in het oostelijk deel van de middenloop ijzerrijk grondwater, omdat hier een dik zandpakket aanwezig is. Verder hebben sommige zijstromen het karakter van regionaal gerijpt grondwater, door de interactie met het basenrijke keileem of de kleilagen. De maatregelen zijn alleen van toepassing op de toplaag van de bodem, hierdoor zijn geen effecten te verwachten.

Conclusie

De inrichtingsmaatregelen leiden lokaal tot vernatting ten gunste van de Vochtige alluviale bossen, Eiken-haagbeukenbossen en Pioniervegetaties met snavelbiezen. Er zijn geen verontreinigingen in de toekomstige te verondiepen locaties en te vergraven gebieden. Hierdoor zijn geen belangrijke nadelige milieugevolgen te verwachten voor de aspecten bodem en water.

4.3.3 Archeologie, landschap en cultuurhistorie (ruimtelijke kwaliteit)

In dit deelgebied is de archeologische verwachting over het algemeen laag. Onderzoek is niet noodzakelijk, maar tijdens de werkzaamheden kunnen toevalsvondsten worden gedaan. Een eventuele vondst moet bij het bevoegde gezag worden gemeld. Daarnaast is er op de Fleerderesch een verhoogde kans op archeologische vondsten. Wanneer hier dieper dan 30 cm onder maaiveld wordt gegraven, moet rekening worden gehouden met een archeologische vindplaats, zoals vermeld in het archeologiebeleid van de gemeente Losser.

De bovenloop van de Snoeyinksbeek lijkt veel op het landschap zoals beschreven in het noordelijk deelgebied, waar de middenloop een karakteristiek coulisselandschap heeft. De benedenloop kenmerkt zich vooral door de aanwezigheid van landbouwgronden.

Het landschapsbeeld in Overijssel kenmerkt zich door reliëf en kleinschaligheid. Er zit veel afwisseling tussen (kleine) bossen, akkers en graslanden. Hier tussendoor lopen verschillende beken, met bijbehorende flora en fauna. De inrichtingsmaatregelen dragen bij aan het behoud en versterken (van het functioneren) van het beekstelsel. Hiermee worden de condities voor het daarbij passend leefgebied van plant- en diersoorten versterkt. Het plan draagt bij aan de ambitie van een en continu en beleefbaar watersysteem als dragende structuur van Overijssel (Provincie Overijssel, 2016).

Conclusie

Er worden geen belangrijke nadelige milieugevolgen verwacht voor het aspect archeologie. Door de inrichtingsmaatregelen wordt de ruimtelijke kwaliteit behouden, dan wel versterkt.

² Bron: <http://gisopenbaar.overijssel.nl/viewer/app/bodematlas/v1>

4.3.4 Hinder tijdens uitvoering

Tijdens de uitvoer van de werkzaamheden is er een tijdelijke toename van de geluidsemissie te verwachten door het gebruik van machines, voor de aanleg de randdammen, maar vooral voor het ontgraven van retentiegebied. In de gebruiksfase is dit weer zoals voor de uitvoering.

Het gebruik van machines leidt ook tot een tijdelijke toename van stikstofdepositie, die gevolgen kan hebben voor de hiervoor gevoelige habitattypen Beuken-eikenbossen met hulst, Eiken-haagbeukenbossen en Vochtige Alluviale bossen. Uit AERIUS-berekeningen blijkt dat de tijdelijke toename maximaal 0,42 mol/ha/jaar bedraagt op het Natura 2000-gebied "Landgoederen Oldenzaal" en maximaal 0,23 mol/ha/jaar op het Natura 2000-gebied "Dinkelland" (Ecogroen, 2017b). Deze, tijdelijke, toename blijft ruim onder de landelijke grenswaarde van 1 mol/ha/jr (voor deze gebieden gelden geen verlaagde grenswaarden), en is bovendien noodzakelijk om natuurontwikkeling mogelijk te maken. De exacte wijze van uitvoering (aanlegfase) is nog niet vastgelegd. Aandachtspunt bij de uitvoering is de inzet van bepaald materieel om de uitstoot van stikstof te beperken.

Er worden in dit gebied geen gevaarlijke stoffen vervoerd en vrijkomende grond wordt, waar mogelijk binnen het plangebied gebruikt. Verkeershinder is niet te verwachten.

Conclusie

Op het gebied van geluid ontstaan geen blijvende nadelige milieugevolgen. De tijdelijke toename van stikstofdepositie blijft onder de grenswaarde van 1 mol/ha/jaar. Een passende beoordeling is niet aan de orde. Ten slotte wordt er geen verkeershinder voorzien als gevolg van de uitvoer van maatregelen.

4.3.5 Uitvoeringsaspecten niet gesprongen explosieven en kabels en leidingen

Voor zover bekend uit vooronderzoek zijn er in het gebied ten zuiden van de A1 geen locaties bekend waar mogelijk niet gesprongen explosieven aanwezig zijn.

In het plangebied zijn verschillende kabels en leiding aanwezig. Er bevinden zich geen grote of gevaarlijke leidingen (zoals hogedruk gastransportleidingen) in dit deelgebied. Omdat niet diep gegraven wordt, is er naar verwachting geen conflict met kabels en leidingen. Voor uitvoering van de graafwerkzaamheden dient een KLIC-melding plaats te vinden.

Conclusie

Er zijn geen locaties aanwezig waar mogelijk niet gesprongen explosieven worden verwacht. Kabels en leidingen geven ook geen conflict met de voorziene maatregelen.

4.3.6 Klimaat en duurzaamheid

Door klimaatverandering verwachten klimaat specialisten een extremer weerbeeld met extreem natte en droge periodes. Geplande maatregelen zijn het verondiepen van de Snoeyinksbeek en het vertragen van piekafvoeren door aanleg van een retentievoorziening.

Grondwateronttrekkingen voor drinkwaterwinning en industrie komt in en in de directe nabijheid van het gebied van Landgoederen Oldenzaal niet voor. Extra verdroging door menselijk gebruik is niet aan de orde.

De realisatie van de maatregelen, het monitoren van die maatregelen en het eventueel bijsturen, leiden tot een duurzaam systeem. Bij het ontwerpen van dat systeem is, in relatie tot de hydrologische aspecten, rekening gehouden met de verwachte klimaatwijzigingen; naar verwachting zal er vaker in korte perioden hevige neerslag optreden. Bij de dimensionering van beekprofielen en retentiegebieden is daarmee rekening gehouden. De realisatie van de maatregelen draagt daarmee in belangrijke mate bij aan het verbeteren van de klimaatbestendigheid van het gebied

Conclusie

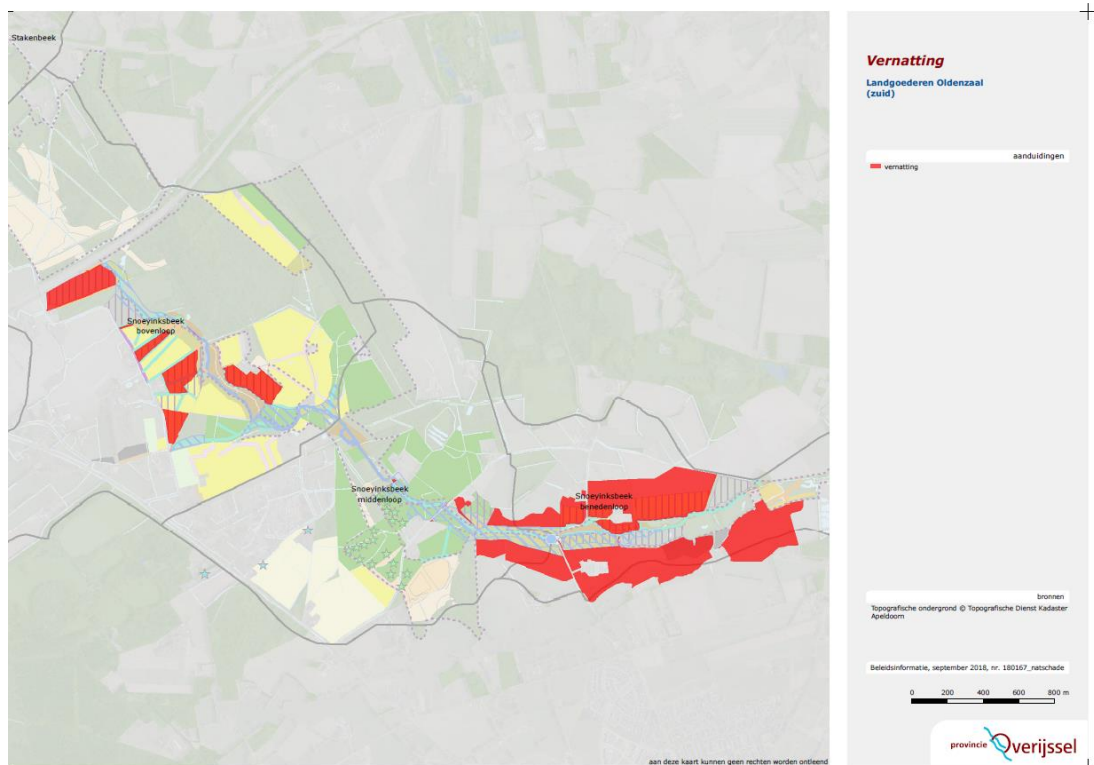
Voor klimaat en duurzaamheid zijn voor het plan geen negatieve effecten te verwachten. Er zijn wel aandachtspunten voor de uitvoering.

4.3.7 Vernatting en agrarisch grondgebruik

Hydrologische herstelmaatregelen voor Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal en Dinkelland (deel Snoeyinksbeek) hebben ook invloed buiten het natuurgebied. In veel gevallen gaan de maatregelen om verondieping van waterlopen met peilopzet als gevolg, of het verwijderen van buisdrainage.

Er zullen grondwatereffecten optreden op de gevoelige habitattypen, maar ook op nabijgelegen landbouwgronden. Hiervoor is een natschade-notitie opgesteld (Schaap, 2017 zie bijlage 8 bij het PIP Landgoederen Oldenzaal) waarbij deze effecten op de grondgebruiksmogelijkheden zijn gekwantificeerd. Alle percelen die beïnvloed worden door een grondwaterstandsverhoging als gevolg van de hydrologische herstelmaatregelen uit het inrichtingsplan zijn in deze notitie betrokken. De hogere grondwaterstanden zorgen er voor dat bepaalde percelen in de toekomst geheel niet meer geschikt zijn voor gangbaar agrarisch gebruik of nog beperkt agrarisch kunnen worden gebruikt.

Het totale oppervlak van de percelen (in het gehele plangebied) die te maken krijgen met vernatting, bedraagt 8,4 ha. Voor sommige percelen, in totaal ca. 3,9 ha, verandert er niets, omdat de grondwaterverandering daar minimaal is. Ten slotte zijn er ook landbouwpercelen, ca. 0,8 ha, die voordeel zullen ondervinden van de maatregelen, omdat deze nu te maken hebben met droogteschade.



Figuur 6 natschade zuidelijk deelgebied

De hydrologische effecten zijn dus op perceelsniveau bekend. Met de grondeigenaren die hun agrarische percelen door de maatregelen niet of alleen nog beperkt agrarisch kunnen gebruiken zijn gesprekken gevoerd. Gronden zijn aangekocht en/of agrariërs ontvangen een schadeloosstelling. Als vangnet geldt de Regeling Nadeelcompensatie Ontwikkelopgave Natura 2000 Overijssel 2017.

Vanwege de aard van het gebied en de mogelijke onzekerheid in de daadwerkelijke grondwatereffecten wordt een gericht monitoringsnetwerk voor grondwatereffecten ingericht. Dit monitoringsplan doet dat voor het freatische grondwater in en om het Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal voor wat betreft agrarische percelen en erven.

Conclusie

Het staat vast dat dat bepaalde agrarische gronden niet of niet volledig meer agrarisch kunnen gebruikt, als gevolg van de maatregelen. Met de individuele eigenaren zijn of worden nog concrete afspraken gemaakt. Verder is er een vangnet voor eventuele restschade en worden de grondwatereffecten van de maatregelen gemonitord op basis van een plan. Gezien deze aanpak is de conclusie gerechtvaardigd dat voor wat betreft dit aspect geen belangrijke nadelige milieugevolgen zullen optreden

4.3.8 Vernatting en insecten

Vernattingsmaatregelen kunnen leiden tot een tijdelijke vernatting op het maaiveld (waterretentie, waterberging en het ontstaan van kwelplaatsen), met name in en rond de winterperiode en algemeen bij hevige regenval. Hierdoor kan er voor bewoners, recreanten en dieren hinder ontstaan door een toename van muggen, knutten en dazen. Deze insecten

kunnen ook veeziekten overbrengen. Er is onderzoek gedaan naar dit onderwerp (34 Vragen en antwoorden over steekmuggen en knutten in relatie tot vernatting”, Piet Verdonschot, WUR, 2018, zie bijlage 4).

In en rond de winterperiode is de temperatuur van het water en de bodem relatief laag, waardoor voortplanting en verspreiding van muggen en knutten zeer beperkt zal zijn. In en rond de zomer is de temperatuur van water en de bodem beter geschikt voor de ontwikkeling van de larven, maar zorgt deze ook voor verdamping, waardoor plassen op maaiveld sneller op zullen drogen.

Uit onderzoek blijkt dat muggen en knutten open gronden mijden. Het is dus van belang open gronden in stand te houden en eventuele vegetatie kort te houden. Veel gronden binnen het plangebied krijgen de bestemming ‘Agrarisch met waarden – Grasland’, waarbij sprake is van de gewenste korte vegetatie.

Dazen vliegen ook over open terreinen. Eventuele hinder kan worden voorkomen of beperkt door het plaatsen van dazenvallen en deze dagelijks te legen en paarden zomerdekens te laten dragen.

Veeziekten kunnen niet in muggeneitjes overleven. Deze kunnen alleen door muggen en knutten worden overgedragen nadat zij besmette dieren hebben gestoken, als deze al in de omgeving aanwezig zijn (invloed van veetransporten).

Conclusie

De vernattingsmaatregelen kunnen leiden tot een toename van insecten en bijbehorende hinder. Vanwege de natuurlijke omstandigheden in winter (door lage temperatuur voortplantingsmogelijkheden beperkt) en zomer (verdamping) is de verwachting is dat dit niet tot belangrijke nadelige milieugevolgen leidt. Eventuele hinder kan nog verder worden beperkt door het kort houden van vegetatie en het plaatsen van dazenvallen. Het doorlopen van een milieueffectrapportage is voor dit onderwerp niet noodzakelijk.

5 Cumulatie en conclusie

5.1 Cumulatie maatregelen noordelijk en zuidelijke deelgebied

De geplande maatregelen in het noordelijke en zuidelijke deelgebied van het Natura 2000-gebieden Landgoederen Oldenzaal en Dinkelland (benedenloop Snoeyinksbeek) zijn onderdeel van de natuurherstelopgave. De natuurherstelmaatregelen zijn gericht op de bescherming van het Vochtige alluviale bos, het Eiken-haagbeukenbos, het Beuken-eikenbos met hulst en de Pioniersvegetaties met snavelbies (alleen zuidelijk deelgebied). De maatregelen omvatten het terugdringen van verdroging en het tegengaan van eutrofiëring.

De vernattingseffecten zijn lokaal gericht en hebben mogelijk enige invloed op het wat drogere habitattype Beuken-Eikenbossen met Hulst. Aan de hand van de beschikbare habitattypenkaart, bodemkaart en grondwaterstanden is het mogelijk te beïnvloeden oppervlakte Beuken-Eikenbossen met Hulst voor beide deelgebieden samen bepaald op 0,65 ha.

Uit de effectbeoordeling in de uitgevoerde, dan wel beschikbare, milieuonderzoeken komen geen negatieve effecten naar voren voor de aspecten bodem, water, klimaat en duurzaamheid. Daarnaast is er slechts een tijdelijke, beperkte, toename van de stikstofdepositie, uitsluitend tijdens de uitvoeringsfase. De toename blijft onder de grenswaarde van 1 mol/ha/jaar.

Negatieve effecten voor kamsalamander en andere mogelijk aanwezige soorten worden niet verwacht, omdat maatregelen zijn voorgesteld om mogelijke effecten te voorkomen.

Tijdens de uitvoeringsfase zijn geen belangrijke nadelige milieugevolgen te verwachten op natuur, omdat de aannemer verplicht wordt te werken volgens een ecologisch werkprotocol, waarin deze maatregelen ook zijn opgenomen. Dit wordt in de aanbesteding en contractfase als randvoorwaarde gehanteerd.

Als vangnet geldt de zorgplicht uit artikel 1.11 Wet natuurbescherming.

Conclusie

De effecten van de inrichtingsmaatregelen van beide deelgebieden zijn in samenhang beschouwd en leiden niet tot belangrijke negatieve milieugevolgen voor de aspecten bodem, water, klimaat en duurzaamheid. Er is een tijdelijke toename van de stikstofdepositie in de uitvoeringsfase, maar deze blijft onder de grenswaarde van 1 mol/ha/jaar.

Tijdens de uitvoeringsfase zijn verder geen belangrijke nadelige gevolgen te verwachten voor de natuur, omdat de aannemer verplicht wordt te werken volgens een ecologisch werkprotocol.

Het plan heeft positieve effecten op de habitattypen Vochtige alluviale bossen, Eiken-haagbeukenbossen en Pioniervegetaties met snavelbiezen vanwege de lokaal hogere grondwaterstanden. Dit weegt op tegen het mogelijke beperkte verlies aan areaal of kwaliteit van de drogere habitattype Beuken-Eikenbossen met Hulst. Bovendien is de wens dit laatste habitattype uit te breiden met bosaanplant elders.

5.2 Cumulatie met overige projecten

Gebiedsprocessen Punthuizen-Stroothuizen en Dinkeldal

Ook voor deze naastgelegen Natura2000-gebieden is een gebiedsproces gaande om onder meer de instandhoudingsdoelstellingen Natura 2000 en de PAS-maatregelen te realiseren. Voor het gebiedsproces Dinkeldal is afstemming van belang voor de maatregelen rond de benedenloop van de Snoeyinksbeek, omdat deze in de planuitwerking van landgoederen Oldenzaal is meegenomen (zie inleiding). De grens tussen Dinkelland en Landgoederen Oldenzaal ligt op de Denekamperdijk (Provincie Overijssel, 2016).

Beekgerelateerde processen en projecten van het waterschap

Het waterschap Vechtstromen heeft voor beken in landgoederen Oldenzaal maatregelen benoemd en uitgevoerd, onder andere in het kader van het Watercollectief Twente. In de afgelopen jaren heeft het waterschap het project Herinrichting Snoeyinksbeek, gelegen binnen het zuidelijk deelgebied van de "Landgoederen Oldenzaal", uitgevoerd (Provincie Overijssel, 2016).

Gebiedsontwikkeling Noordoost-Twente

De gebiedsontwikkeling Noordoost-Twente is gericht op het realiseren van de ambities en doelen uit de gebiedsvisie Noordoost-Twente 'verbinden maakt sterk'. Het gebied moet een antwoord vinden op krimp en vergrijzing, zoeken naar nieuwe economische dragers en inkomsten uit recreatie en toerisme vergroten. De gebiedsontwikkeling probeert sinds 2011 met verschillende projecten Noordoost-Twente te versterken. Daarbij is het gebied aan zet met initiatieven die aansluiten bij de overheidsambities. Sinds 2016 legt de Gebiedsontwikkeling Noordoost-Twente sterker de nadruk op de natuuropgave en ondersteunt met flankerende investeringen de uitvoering van maatregelen (Provincie Overijssel, 2016).

Vrijwillige kavelruil Losser

Voor Losser-Noord is een ruilproces op vrijwillige basis in voorbereiding in nauw overleg met de grondgebruiker/eigenaar. Gezien de vele Natura 2000-opgaven in dit gebied is de vraag naar voren gekomen waar verkaveling voor de landbouw kan plaatsvinden. In het voorjaar van 2016 heeft het Kadaster een gebiedsanalyse uitgevoerd in Losser-Noord, gevolgd door consultatiegesprekken met de grondeigenaren. De kavelruilcommissie heeft geconstateerd dat er voldoende draagvlak is voor kavelruil. De wensen van de eigenaren van gronden binnen Natura2000-gebied worden in het proces betrokken, evenals de gronden van Staatsbosbeheer en de Vereniging Natuurmonumenten. Eind 2016 heeft het bestuur van CKO (Coördinatiepunt Kavelruil Overijssel) besloten tot uitvoering van de vrijwillige kavelruil Losser (Provincie Overijssel, 2016).

Conclusie

De genoemde projecten zijn allen – mede – gericht op natuurontwikkeling. In combinatie met de inrichtingsmaatregelen in het inpassingsplan Landgoederen Oldenzaal, ontstaan geen belangrijke nadelige milieugevolgen.

5.3 Conclusie

De inrichtingsmaatregelen voor het noordelijk en zuidelijk deelgebied zorgen, op zichzelf en in samenhang met projecten in de omgeving, niet voor belangrijke nadelige milieugevolgen. Het doorlopen van een milieueffectrapportage (MER) is niet noodzakelijk.

6 Literatuur en overige bronnen

- Bodemkwaliteitskaart voor de gemeente Oldenzaal (Witteveen+Bos, kenmerk ODZ51-1/strg/006, oktober 2011);
- Bodemkwaliteitskaart voor de gemeente Losser (CSO Adviesbureau, kenmerk 06.J036, juni 2008);
- Ontwerp Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal (Samen werkt beter, versie 17 september 2018);
- Omgevingsscan Landgoederen Oldenzaal (Arcadis, oktober 2017)
- PAS maatregelen Landgoederen Oldenzaal versus Wet natuurbescherming, Toetsing soortenbescherming (Ecogroen, 2017a);
- PAS maatregelen Landgoederen Oldenzaal, Toetsing Wet natuurbescherming, onderdeel Natura 2000 (Ecogroen, 2017b);
- Vooronderzoek naar conventionele explosieven uit de Tweede Wereldoorlog in het Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal (Leemans Speciaalwerken, kenmerk S2017.136, september 2017);
- Gebiedsscan ruimtelijke kwaliteit, Randvoorwaarden en inspiratie voor de ontwikkelopgave NNN / Natura 2000 Landgoederen Oldenzaal, Provincie Overijssel, januari 2016;
- 34 Vragen en antwoorden over steekmuggen en knutten in relatie tot vernatting”, Piet Verdonchot, WUR, 2018.

Overzicht bijlagen

Bijlage 1

Ontgravingen noordelijk deelgebied

Bijlage 2

Ontgravingen zuidelijk deelgebied

Bijlage 3

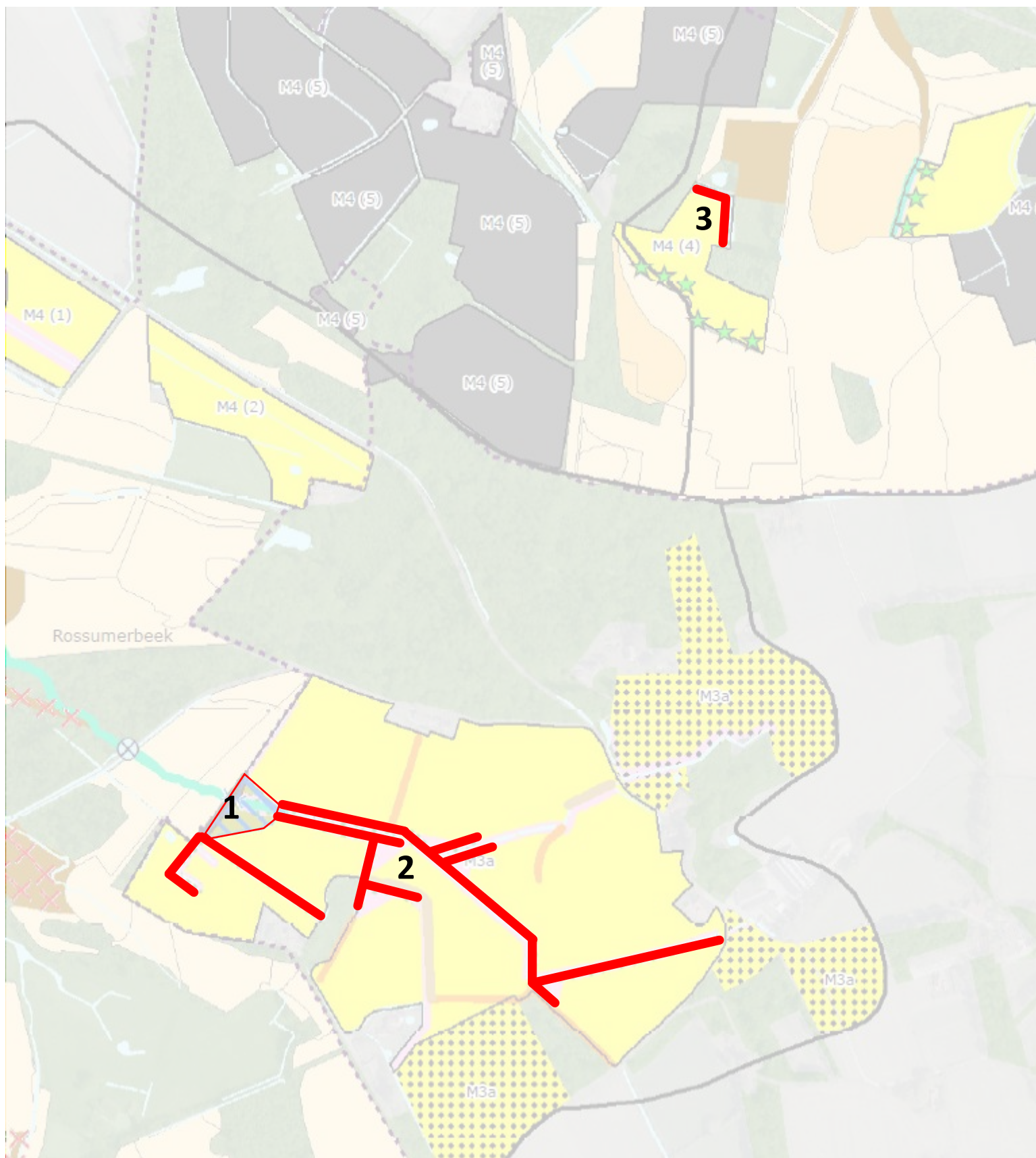
Maatregelenkaart

Bijlage 4

Onderzoek muggen en knutten

Bijlage 1

Ontgravingen noordelijk deelgebied



Oppervlaktes en hoeveelheden te ontgraven boven de A1

1: 0,5 hectare, 20 cm afgraven; 1.000 m3 (*retentiegebied*)

2: 1,2 hectare, 10 cm afgraven; 1.200 m3 (*bufferstroken met randdam*)

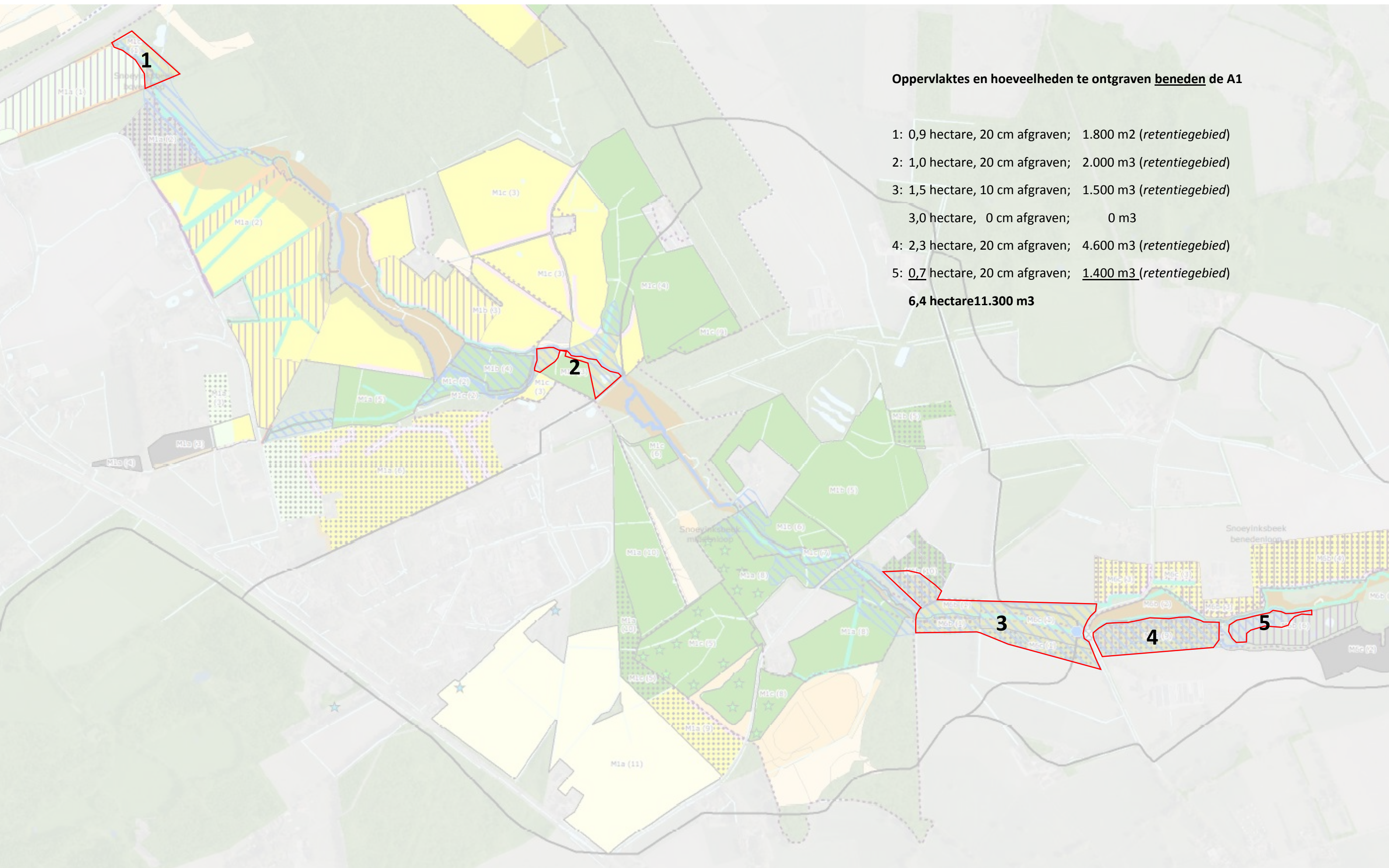
3: 0,1 hectare, 10 cm afgraven; 100 m3 (*bufferstroken met randdam*)

1,8 hectare

2.300 m3

Bijlage 2

Ontgravingen zuidelijk deelgebied



Oppervlaktes en hoeveelheden te ontgraven beneden de A1

1: 0,9 hectare, 20 cm afgraven; 1.800 m² (*retentiegebied*)

2: 1,0 hectare, 20 cm afgraven; 2.000 m³ (*retentiegebied*)

3: 1,5 hectare, 10 cm afgraven; 1.500 m³ (*retentiegebied*)

3,0 hectare, 0 cm afgraven; 0 m³

4: 2,3 hectare, 20 cm afgraven; 4.600 m³ (*retentiegebied*)

5: 0,7 hectare, 20 cm afgraven; 1.400 m³ (*retentiegebied*)

6,4 hectare 11.300 m³

Bijlage 3

Maatregelenkaart

Bijlage 4

Onderzoek muggen en knutten

34 Vragen en antwoorden over steekmuggen en knutten in relatie tot vernatting



Piet F.M. Verdonschot

Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research
Augustus 2018



Auteurs

Piet F.M. Verdonschot (*correspondentie: piet.verdonschot@wur.nl*)

Opdrachtgever

Provincie Overijssel

Projectgroep

Namen

Wijze van citeren

Verdonschot P.F.M. (2018) 34 Vragen en antwoorden over steekmuggen en knutten in relatie tot vernatting. Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 27 pp.

Trefwoorden

steekmug, knut, verspreiding, overlast, vernatting, ziekte, maatregel

Beeldmateriaal

Naam

ISBN: xxxx

DOI: xxxxx

Dit project is uitgevoerd in opdracht van de Provincie Overijssel

© 2018 Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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

Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

Wageningen, oktober 2018

Inhoud

1	Inleiding, doel en werkwijze	6
1.1	Achtergrond	6
1.2	Probleemstelling	6
1.3	Vraagstelling en doel	7
1.4	Werkwijze	7
2	Vragen en antwoorden over stekende insecten	8
	Vraag 1: Wat is de verspreiding van steekmuggen en knutten in Nederland?	8
	Vraag 2: Waar leven de larven van steekmuggen en knutten?	8
	Vraag 3: Waar leven volwassen steekmuggen en knutten?	9
	Vraag 4: Komen steekmuggen en knutten ook voor in beken?	9
	Vraag 5: Waarom zijn steekmuggen en knutten vaak talrijk in moerasgebieden?	10
	Vraag 6: Komen er ook steekmuggen voor in een vijver met permanent water?	10
	Vraag 7: Op welke plaatsen gedijen steekmuggen goed?	10
	Vraag 8: Wat is de rol van droogval bij optreden van steekmuggen en knutten?	11
	Vraag 9: Hoe ver verspreiden steekmuggen en knutten zich?	12
	Vraag 10: Hoe snel en wanneer ontwikkelen steekmuggen en knutten zich?	12
	Vraag 11: Wat is de invloed van voedselrijkdom op de ontwikkeling van larven?	13
	Vraag 12: Hoe groot is de actieradius van steekmuggen en knutten?	14
	Vraag 13: Welke invloed heeft het weer (bv. wind) op de actieradius?	14
	Vraag 14: Hoe verspreiden volwassen stekende insecten zich i.r.t. begroeiing?	15
	Vraag 15: Hoe beïnvloedt een broedgebied de aantallen stekende insecten?	16
	Vraag 16: Wanneer is sprake van overlast?	16
	Vraag 17: Dragen steekmuggen ziekten over?	17
	Vraag 18: Hoe gevaarlijk is de loodgrijze malariamug?	18
	Vraag 19: Welk percentage knutten is drager van Blauwtong en Schmollenberg?	18
	Vraag 20: Levert vernatting extra risico op voor vogelpest?	19
	Vraag 21: Zijn inenting en preventieve maatregelen mogelijk?	19
	Vraag 22: Levert vernatting extra overlast op voor recreanten?	20
	Vraag 23: Waardoor is er vaak sprake van overlast rond bebouwing?	20
	Vraag 24: Treedt er verschil op tussen de bestaande en toekomstige natuur?	21
	Vraag 25: Zijn maatregelen mogelijk als er gegronde risico's ontstaan?	21
	Vraag 26: Hoe kan ik op fysieke omstandigheden (bij)sturen?	22
	Vraag 27: Hoe kan ik op waterkwaliteit sturen?	23
	Vraag 28: Kan ik sturen op predatoren van steekmuggen en knutten?	23
	Vraag 29: Moet ik extra maatregelen nemen vlak na een (her)inrichting?	23
	Vraag 30: Heeft het terreinbeheer invloed op steekmuggen en knutten?	24
	Vraag 31: Hoe zit het met kriebelmuggen in Nederland?	25
	Vraag 32: Kunnen we in Nederland overlast van kriebelmuggen verwachten?	26
	Vraag 33: Hoe zit het met dazen in Nederland?	26
	Vraag 34: Kunnen we in Nederland overlast van dazen verwachten?	26
3.	Conclusies	28

1 Inleiding, doel en werkwijze

1.1 Achtergrond

De neerslag van stikstof (stikstofdepositie) is één van de belangrijkste belemmeringen om de Europese natuurdoelen te halen. De huidige neerslag in een groot aantal Natura 2000-gebieden is veel hoger dan leefgebieden van planten en dieren kunnen verdragen. Het Programma Aanpak Stikstof (PAS) moet de gevolgen van teveel stikstof, door bijvoorbeeld mest, in Nederland oplossen.

De provincie Overijssel is eindverantwoordelijk voor de PAS-maatregelen in Overijssel. Voor elk Natura 2000-gebied is een aanwijzingsdocument opgesteld, met hierin de doelen (instandhouding of uitbreiding van habitattypen en leefgebieden van soorten). Deze doelen moeten bereikt worden met beheers- en herstelmaatregelen en staan per Natura 2000-gebied beschreven in een gebiedsanalyse en een beheerplan. In beide beleidsstukken zijn kaarten opgenomen waarop is aangegeven waar in het gebied maatregelen moeten worden uitgevoerd en binnen welke termijn. Daarnaast staan in de beheerplannen ook maatregelen die niet voortkomen uit de PAS, maar verband houden met regulier natuurbeheer, ontsnippering, beleid rondom andere (economische) activiteiten die in of rondom het natuurgebied plaatsvinden (landbouw, recreatie, natuuractiviteiten, delfstoffenwinning, jacht). Binnen het samenwerkingsakkoord "Samen werkt beter (Swb)" is het programma Ontwikkelopgave N2000 opgezet. Het programma Ontwikkelopgave N2000 zorgt voor het uitvoeren van de maatregelen zoals deze zijn opgenomen in de beheerplannen. In het samenwerkingsverband werken alle relevante partijen in het landelijk gebied samen om de Natura2000-opgave te realiseren, waarbij aandacht is voor een goede balans tussen ecologie en economie. Een bijzonderheid hierbij is dat naast de provincie Overijssel, ook meerdere Swb partners trekker zijn van één of meer gebiedsprocessen.

Vanwege de uitvoering van PAS-herstelmaatregelen worden de komende jaren projecten uitgevoerd waarbij onder meer:

- Vernatten van (grond)waterafhankelijke natuur (habitattypen, soorten), o.a. door dempen/verondiepen van sloten, verwijderen drainage, etc. Hierdoor kan water gedurende een korte of langere tijd op maaiveld komen te staan;
- Aanleg van waterretentiegebieden in de bovenloop van beken om beken langer watervoerend en met een hoger waterpeil te laten zijn, waarmee meer tegendruk kan worden geleverd aan uittredend grondwater;
- Aanleg van waterbergingsgebieden in de benedenloop van beken om inundatie van omliggende agrarische gronden en van kwetsbare habitattypen te voorkomen bij hoosbuien;
- Aanleg van bufferstroken met randdammen, zodat retentiebekkens ontstaan op plaatsen waar hellende agrarische percelen natuurgebieden raken, om te voorkomen dat nutriëntrijk water van agrarische percelen natuurgebieden instroomt.

Zodra het definitieve pakket aan PAS-herstelmaatregelen per N2000-gebied bekend is, wordt het maatregelenpakket vastgelegd in een inrichtingsplan, dat juridisch en planologisch wordt geborgd in bestemmingsplannen of (bij forse wijzigingen) in Provinciale Inpassingsplannen (PIP).

1.2 Probleemstelling

Door bovengenoemde hydrologische of vernattingsmaatregelen kunnen er plekken ontstaan waar stagnant water gedurende een korte of een wat langere tijd op of aan maaiveld staat. De aanleiding voor dit rapport komt voort uit de inspraakreacties op twee voorontwerp-PIP's, te weten N2000-gebied Dinkelland en N2000-gebied Landgoederen Oldenzaal. . Deze inspraakreacties hadden betrekking op het mogelijk optreden van steekmuggen- of knuttenoverlast als gevolg van de vernattingsmaatregelen, specifiek ook in relatie tot het optreden van dierziekten (Schmallenberg, Blauwtong, Vogelgriep, etc.). De Provincie verwacht dat in andere gebieden waar de komende tijd voorontwerp-PIP's voor gemaakt worden, dergelijke vragen te verwachten zijn.

De Provincie wil graag meer kennis over steekmuggen, knutten, dazen en kriebelmuggen binnenhalen, om zo een gedegen en onderbouwde reactie te kunnen geven op dergelijke inspraakreacties. Daarnaast wil de Provincie deze informatie omzetten in een 'deskundigenrapport' wat bij een eventuele rechtsgang aan de Raad van State kan worden overhandigd. Met dit rapport moeten mogelijke vragen omtrent steekmuggen en knutten, die in combinatie met vernattings- en retentiemaatregelen kunnen worden verwacht, beantwoord kunnen worden.

1.3 Vraagstelling en doel

De Provincie wil graag concrete en zoveel mogelijk gekwantificeerde antwoorden op de belangrijkste vragen rondom steekmuggen en knutten.

Het onderzoek heeft als doel 'het geven van compleet beeld ('best available knowledge') van conclusies en aanbevelingen, in de vorm van antwoorden op vragen, over de aanwezigheid en (over)last van steekmuggen en knutten in relatie tot de PAS-herstelmaatregelen in N2000-gebieden'.

1.4 Werkwijze

Deze studie is uitgevoerd als korte bureaustudie gebaseerd op bestaande en snel beschikbare kennis.

De antwoorden zijn gebaseerd van direct beschikbare (grijze) literatuur. Een belangrijk deel van de informatie in de antwoorden is afkomstig en soms direct overgenomen uit de rapporten 'Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswateren' (Verdonschot et al. 1988) en 'Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting' (Verdonschot 2009). Daarnaast zijn delen overgenomen uit de vier artikelen: Bloedzuigende insecten deel 1. Steekmuggen. (Verdonschot 2012a), Bloedzuigende insecten deel 2. Knutten (Verdonschot 2012b), Bloedzuigende insecten deel 3. Dazen. (Verdonschot 2013a) en Bloedzuigende insecten deel 4. Kriebelmuggen. (Verdonschot 2013b).

Waar nodig is aanvullend gezocht naar nieuwe direct beschikbare kennis over de periode 2009-nu.

2 Vragen en antwoorden over stekende insecten

Vraag 1: Wat is de verspreiding van steekmuggen en knutten in Nederland?

Er komen 37 soorten steekmuggen en meer dan 103 soorten knutten voor in Nederland (Beuk 2002). De meeste soorten komen min of meer verspreid over geheel Nederland voor. Er bestaan echter geen verspreidingskaarten van de diverse soorten steekmuggen en knutten in Nederland. Er zijn ook geen landsdekkende inventarisaties uitgevoerd. Van een groot aantal knuttensoorten is nauwelijks iets bekend over de ecologie en verspreiding. Ook zijn hoogstwaarschijnlijk niet alle soorten knutten bekend die in Nederland daadwerkelijk voorkomen.

Steekmuggen ontwikkelen zich meestal in oppervlaktewateren met een grote dynamiek in milieuvariabelen, zoals temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging en een wisselend zuurstofgehalte. Dit in tegenstelling tot veel van hun potentiële predatoren, die dergelijke milieus vermijden. Knutten ontwikkelen zich in een groot scala aan habitats, van natte organisch rijke graslanden, tot moerassen tot aan diepe meren.

Vraag 2: Waar leven de larven van steekmuggen en knutten?

Broedgebieden zijn de plaatsen waar steekmuggen en of knutten hun eitjes afzetten en waar de larven zich ontwikkelen tot volwassen dieren. De eitjes kunnen door zowel steekmuggen en knutten worden afgezet op natte grond of op oppervlaktewater. Dit is soort afhankelijk. De larven van steekmuggen leven altijd in de waterkolom, die van knutten in de waterkolom, de natte oeverzone, het litoraal of in natte gronden. Steekmuggen en knutten hebben beide een popstadium dat zich ontwikkelt in hetzelfde milieu als de larve. De volwassen dieren leven in het terrestrische milieu. De leefgebieden van volwassen steekmuggen en knutten bestaan vaak uit houtige of opgaande gewassen waar een hoge luchtvochtigheid heerst en waar prooien aanwezig zijn.

Om de informatie van broed- en leefgebieden overzichtelijk te houden zijn de steekmuggen en knutten ingedeeld in ecologische groepen. In de discussies rondom de steekmuggen en knutten problematiek in vernattingsgebieden spelen deze ecologische groepen steekmuggen en knutten een belangrijke differentiërende rol.

Huissteekmuggen ontwikkelen zich in alle semipermanente, temporaire en antropogene wateren. Het betreft meestal kleine, vaak tijdelijke waterpartijen (vrijwel alle tijdelijke wateren, emmers, badkuipen, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen) met sterke wisselingen in milieuomstandigheden. Voorbeelden zijn sterk organisch belaste wateren of wateren met een korte bestaansduur, zoals regenwaterplassen. Predatoren ontbreken in deze wateren.

De ontwikkeling van de **moerassteekmuggen** is sterk gebonden aan waterpeilfluctuaties. De larven leven in temporaire moeras- en drassituaties (meestal in geïsoleerde, ondiepe wateren zoals moerassen, greppels en inundatiezones). Het tijdelijk droogvallende substraat (meestal semipermanent en geïsoleerd van permanente water), al dan niet beschaduwde door bomen/hogere begroeiing en met veel organisch materiaal op de bodem waardoor mogelijk lage zuurstofconcentraties optreden en een arme gemeenschap aan overige insecten en ongewervelden (weinig predatoren aanwezig), dient als locatie voor het afzetten van de eitjes die overwinteren. Deze situatie kan het gevolg zijn van een weinig doorlatende ondergrond, eventueel in combinatie met een terreinreliëf waarin water stagneert, of een meer doorlatende of 'lekkende' ondergrond in combinatie met een tijdelijk hogere grondwaterstand.

Slootsteekmuggen ontwikkelen zich in allerlei permanente, stilstaande, ondiepe wateren (sloten, kanalen, poeltjes, plassen) met veel ondergedoken of emergente vegetatie (vooral drijvende draadalgen en kroossloten of sloten met een ruige oevervegetatie (achterstallig onderhoud)) en in verlandende sloten en verlandingszones. De wateren hebben een diverse gemeenschap van overige insecten en ongewervelden. Een rijke vegetatie dient als schuilmogelijkheid om een te grote predatiedruk te vermijden. De larven hebben geen ademhalingsbuis en hangen horizontaal tegen het wateroppervlak en voeden zich in tegenstelling tot andere steekmuggen ook aan het wateroppervlak.

Plantenboorsteekmuggen ontwikkelen zich aan dieper groeiende emergente (boven het water uitstekende) water- en oeverplanten. De larve boort in zachte plantendelen en blijft aan de plant aangehecht. Het betreft vaak kraagvegetaties van lisdodde, riet, liesgras en dergelijke.

De **boomholtesteekmuggen**, ook wel containersteekmuggen genoemd, danken hun naam aan het oorspronkelijk habitat, de boomholte. Boomholtesteekmuggen ontwikkelen zich in boomholten rijk aan blad en water. Predatoren ontbreken in deze kleine wateren. Deze groep kan zich echter in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren ontwikkelen, waaronder autobanden, blikjes, schaaltes, boomholten, regentonnen, dakgoten en overige antropogene waterpartijen met een hoog organisch stofgehalte en met sterke wisselingen in andere milieuomstandigheden. De eieren ontwikkelen zich wanneer een dergelijk 'micro'-oppervlaktewater zich met water vult, bijvoorbeeld na een regenbui. Bij voldoende hoge temperaturen vliegen de larven na korte tijd uit. Boomholtesteekmuggen komen ook voor in permanente 'containermilieus', waar ze meerdere generaties ontwikkelen waarbij ook predatoren aanwezig kunnen zijn die de aantallen slechts enigszins verlagen.

Knutten ontwikkelen zich afhankelijk van de soort in allerlei habitats, zoals mest, mierennesten, rottend hout, plantensappen, meren, oeverzones, rivieren, temporaire wateren, boomholten, natte graslanden, laagveenwateren, brakke en zoute wateren en zoute bodems. Overlast voor mensen wordt vooral veroorzaakt door soorten uit het geslacht *Culicoides*. Dit geslacht ontwikkelt zich eveneens in een brede range aan habitats.

Vraag 3: Waar leven volwassen steekmuggen en knutten?

Voor volwassen steekmuggen zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en geschikt om zich doorheen te verplaatsen. De begroeiing biedt bescherming tegen wind en wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Hiermee vormt de begroeiing een verbindingszone tussen de plaats waar de larven zich ontwikkelen en eventuele gebieden waar prooien zich ophouden (waaronder bebouwing), waar de vrouwtjesmuggen op zoek gaan naar een bloedmaaltijd. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich in halfopen terrein verspreiden, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen. Deze laatste groep van volwassen steekmuggen mijden open terrein volledig, onder andere vanwege de lagere luchtvochtigheid en de invloed van wind. Sommige soorten steekmuggen dringen ook woonhuizen binnen maar dit geldt lang niet voor alle soorten. Volwassen vrouwtjes van sommige soorten huissteekmuggen overwinteren op vochtige plekken in huizen (bijvoorbeeld kruipgaten), schuren en andere bouwwerken.

Vraag 4: Komen steekmuggen en knutten ook voor in beken?

Steekmuggen zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van stilstaand water, ze komen niet voor in stromende wateren. De larven en poppen van steekmuggen zijn zeer gevoelig

voor stroming en golfslag, en worden wanneer dit optreedt in hun ontwikkeling beperkt. In grotere oppervlaktewateren met een brede ondiepe oeverzone zal tussen de oevervegetatie nauwelijks stroming of golfslag optreden. In deze delen is de aanwezigheid van predatoren (zoals roofkevers, libellenlarven en amfibieën) een belangrijkere factor die de ontwikkeling van de steekmuggen beperkt.

Knutten komen in allerlei wateren voor. Stroming en golfslag spelen echter een geringe rol ten aanzien van het voorkomen, behalve indien daadwerkelijk sprake is van stroming, omdat ze meestal in het bodemsubstraat leven. De oeverzone is voor veel soorten geschikt.

Vraag 5: Waarom zijn steekmuggen en knutten vaak talrijk in moerasgebieden?

Moerassen kenmerken zich door een sterke afwisseling tussen droog en nat in ruimte en tijd. Deze afwisselingen zijn een gevolg van een rond maaiveld wisselende waterstand in een reliëfrijk terrein. Met het reliëf van het terrein wordt een afwisseling van hogere en lagere delen van het maaiveld bedoeld. Deze afwisseling kan van nature aanwezig zijn (zoals langs beken en rivieren, in duinvalleien en moerasgebieden) of het gevolg zijn van inrichtingsmaatregelen (zoals plaggen of onregelmatig afgraven). Langs grotere beken en rivieren kan door erosie en sedimentatie tijdens inundaties ook een bepaald reliëf ontstaan. In vernattings- en moerasgebieden ontstaat reliëf als gevolg van bultvorming door de aanwezige (ruigte)vegetatie. Tijdens perioden met veel neerslag of na inundatie kan water achterblijven in laagten, putjes en kuilen in dergelijk reliëfrijk terrein. De verblijftijd van het water is afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de bodem en de terreinhelling (deze laatste factor vooral in vlakke gebieden). Wanneer veel kleiafzettingen in de bodem aanwezig zijn, kan water lange tijd blijven staan. Bestaat de bodem voornamelijk uit zand, dan zal het water sneller inzinken, behalve wanneer sprake is van een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld zo hoog als het maaiveld). Wanneer in het voorjaar plassen en poelen langer water bevatten, is dit in het voordeel van steekmuggen in het ondiepe water en voor knutten in de natte drogere delen. In combinatie met de ontwikkeling van hogere vegetatie (hogere luchtvochtigheid en windluwte) is dit een gunstige Ausgangssituation voor hoge(re) aantallen steekmuggen en knutten.

Vraag 6: Komen er ook steekmuggen voor in een vijver met permanent water?

In open water houden predatoren (zoals vissen, amfibieën, roofkevers, libellenlarven, enz.) de populaties van steekmuggen klein. Echter als er een verlandingszone of breed en dicht begroeide oeverzone in een water aanwezig is kunnen stekende insecten wel talrijker optreden. Verlanding van ondiepe oppervlaktewateren en oeverzones bevorderen de ontwikkeling van de habitat voor steekmuggen en knutten. Tussen de dichte submerse en emergente watervegetaties hebben larven van steekmuggen namelijk meer schuil- en ontsnappingsmogelijkheden voor predatoren. Ondiepe delen warmen daarnaast ook sneller op, hetgeen de groeisnelheid van larven van steekmuggen sterk bevordert. In de droog-nat overgangen van oeverzones gedijen knuttenlarven uitstekend, vooral als er veel organisch materiaal aanwezig is.

Vraag 7: Op welke plaatsen gedijen steekmuggen goed?

Een sterke wisseling van milieuomstandigheden, bijvoorbeeld een afwisseling van zout (brak) naar zoet water of van neutraal naar een lage zuurgraad, heeft tot gevolg dat de meeste waterdieren sterven. Met een wisseling naar brak of zoet wordt een nieuw watermilieu gecreëerd waar, als gevolg van afwezigheid van predatoren, steekmuggen

zich goed in kunnen ontwikkelen. Extreme milieus zoals regentonnen en natte kruipgaten leveren een voor veel aquatische organismen onleefbaar milieu op, maar een habitat dat echter wel weer zeer geschikt is voor steekmuggen.

Een ander type extreem milieu zijn plaatsen waar het tijdelijk nat en tijdelijk droog is, zoals overstromingsgebieden enerzijds tot aan containermilieus anderzijds. Het moment in de tijd, de frequentie en de duur van inundatie (in feite het water bevatten) in samenhang met het terreinrelief of vorm van het waterhoudend bekken/object zijn sterk bepalend voor de permanentie van het achterblijvende water. Overstroming van rivieruiterwaarden en beekbegeleidende gronden treedt vooral op in de winter en het voorjaar (beek- of rivierinundatie) maar kan bij extreem nat weer in de zomer ook voorkomen. In onregelmatige terreinen met een slecht doorlatende bodem (veen- en kleigebieden, zoals veel aanwezig in de laagveenregio in het westen van Nederland) of terreinen met een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld duinvalleien, laagten en veenweidepolders) treden als gevolg van intense neerslag in de zomer ook (regen)inundaties op. Water zal in vlakke gebieden na (regen)inundatie langer aanwezig blijven, zeker in onregelmatig terrein. Wanneer gedurende langere tijd water in een terrein achterblijft, biedt dit een semipermanent milieu dat geschikt is voor de ontwikkeling van steekmuggen. Dit geldt ook voor alle containermilieus, zoals bekertjes, boomholten, emmers, kruipgaten, regenwatergoten, enz.

Vraag 8: Wat is de rol van droogval bij optreden van steekmuggen en knutten?

De permanentie of omgekeerd de mate van droogval van een oppervlaktewater wordt bepaald door de neerslag, de grondwaterstand, en de mate en frequentie van inundatie. Op basis van waterdiepte en hydrologische isolatie van een al dan niet tijdelijk oppervlaktewater zijn verschillende watertypen te onderscheiden.

In **permanente oppervlaktewateren**, zoals plassen, boezems, nooit droogvallende sloten, kanalen, beken of rivieren, kunnen populaties van predatoren van steekmuggen hun levenscyclus voltooien en door predatie zorgen dat steekmuggen zich niet massaal kunnen ontwikkelen. Steekmuglarven zijn uiterst kwetsbaar voor predatie, mede omdat ze zich vaak aan het wateroppervlak bevinden. Ook in tijdelijk onder water staande terreinen die met permanente wateren verbonden zijn, kunnen steekmuglarven zich moeilijk ontwikkelen, omdat deze toegankelijk zijn voor predatoren uit het permanente water. Een permanent nat moeras kan dus ook arm zijn aan larven van steekmuggen doordat predatoren kunnen overleven en grazen.

Geïsoleerde semipermanente en temporaire oppervlaktewateren hebben een geringe waterdiepte en zijn niet verbonden met permanente oppervlaktewateren. Dergelijke oppervlaktewateren hebben een grote kans om jaarlijks droog te vallen. Droogvalling is bij uitstek een gunstige uitgangspositie voor de ontwikkeling van grote aantallen steekmuggen. Als gevolg van droogval delen de steekmuggen het water met weinig andere organismen, dit is gunstig voor steekmuggen, omdat de larven een uiterst geringe concurrentiekracht hebben. Ook kunnen de meeste predatoren van steekmuglarven hun levenscyclus niet voltooien in droogvallende wateren en ontbreken dan ook. Lage concurrentie en predatie leiden tot het massaal optreden van steekmuggen in dit type wateren.

Knutten leven vaak in de **oeverzone van permanente wateren** of in **natte gronden** waar het water bijna het gehele jaar, en vooral in de winter en het voorjaar, aan maaiveld staat. In dit habitat leven weinig predatoren en kunnen knuttenlarven gedijen.

Vraag 9: Hoe ver verspreiden steekmuggen en knutten zich?

Van veel Nederlandse soorten stekende insecten is de vliegcapaciteit niet bekend. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich verspreiden in halfopen terrein, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen en open terrein geheel vermijden. Overlast gerelateerde of niet-georiënteerde vluchten zijn soort specifiek en bestrijken afstanden tussen 25 m en 6 km voor 23 geanalyseerde soorten (Verdonschot & Lototskaya 2013). Steekmuggen zijn in 4 groepen vliegers te verdelen: sterke (>3 km), goede (>800 m), matige (400-800 m) en zwakke (tot 400 m) vliegers. Knutten behoren veelal tot goede en sterke vliegers. De vliegcapaciteit wordt beïnvloed door de landschapsstructuur, meteorologische omstandigheden (temperatuur, vochtigheid en verlichting) en de fysiologie van de soort (beschikbare energie voor de vlucht).

Er is een mismatch tussen ecologische groepen van huissteekmuggen, slootsteekmuggen, moerassteekmuggen en plantenboorsteekmuggen en de vier vlieggroepen. Met andere woorden: binnen iedere ecologische groep van steekmuggen kunnen zowel zwakke als sterke vliegers zitten. Voorspellingen over overlast kunnen alleen worden gemaakt wanneer soort en dichtheid van stekende dieren, prooidichtheid en structuur van het landschap tussen broedplaats en doelgebied (bv. bebouwing) bekend zijn. Dit laatste resultaat betekent dat het van de lokale omstandigheden afhangt of het inrichten van een barrière, een voor stekende insecten ongunstige structuur in het landschap (zoals open water of een korte grazige vegetatie) zinvol is omdat het van de lokale omstandigheden afhangt welke soort zich ontwikkelt. Wanneer bekend is welke soort of soorten zich ontwikkelen of kunnen ontwikkelen en welke vliegcapaciteit die hebben, kan pas aangegeven worden of een barrière meer of minder effectief zal zijn. Bosmoerassteekmuggen bijvoorbeeld zijn zwakke vliegers en daartegen kan een smalle barrière al veel effect oogsten.

Vraag 10: Hoe snel en wanneer ontwikkelen steekmuggen en knutten zich?

De levenscyclus van steekmuggen en knutten wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt, verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De eieren kunnen zich in 2-10 dagen ontwikkelen. De larve doorloopt 4 stadia en ontwikkelt zich in 1 tot 8 weken. Steekmuggen en knutten ontwikkelen zich, zoals de meeste organismen, sneller bij hogere temperaturen. Ondiepe wateren warmen in de zomer snel op en vormen daarmee een uitstekend milieu voor de zich dan zeer snel (tot binnen 10 dagen) ontwikkelende steekmug. Opeenvolgende jaren met warme zomers kunnen de omvang van de aanvangspopulaties doen toenemen. De levenscyclus ziet er bij de ecologische groepen enigszins verschillend uit en zo hun respons op temperatuur.

De **huissteekmug** overwintert als volwassen dier en heeft 4-6 generaties nodig om tot hoge aantallen te komen. De optimum temperatuur ligt voor de larve tussen 24-27°C. De larven ontwikkelen zich bij gunstige temperatuur in circa 8 dagen tot volwassen dier. De dieren komen van april tot -november voor.

Moerassteekmuggen overwinteren als ei en ontwikkelen zich het meest gesynchroniseerd in het voorjaar waarbij hoge aantallen kunnen worden bereikt. Soms treedt een tweede (en mogelijk meer) generatie in de nazomer op. De volwassen dieren leven 4-6(8) weken. De optimum temperatuur ligt voor de larve bij circa 25°C. Bij hogere temperaturen ontwikkelen ze zich sneller maar liggen de aantallen lager. De larvale

ontwikkeling is 8-10 dagen bij warm weer tot twee maanden bij koud weer. De dieren komen van mei tot –september voor.

Slootsteekmuggen ontwikkelen zich vanaf het voorjaar (mei) en bereiken de hoogste aantallen (circa 3^{de} generatie) in de nazomer (hogere temperaturen; juli-september). Ze overwinteren als volwassen dieren.

Plantenboorsteekmuggen overwinteren als larve, dicht bij de bodem vastgehecht aan de wortels van waterplanten. De soort heeft maar een generatie per jaar. De dieren komen van mei tot –september voor.

Boomholtesteekmuggen overwinteren als ei maar overleven droogteperioden eveneens als ei. Wanneer water aanwezig is ontwikkelen de eitjes zich snel.

Knutten ontwikkelen zich bij hoge temperaturen (28-30°C) in 3-4 weken tot volwassen dier. De meeste soorten van het genus *Culicoides* ontwikkelen zich bij 20-25°C in circa 1 maand van ei (in 4-6 dagen), via larf (in 20-25 dagen), via pop (in 3-5 dagen) tot volwassen dier (Gutsevich 1973). Deze volwassen dieren leven 1-2 maanden. De gehele levenscyclus neemt daarmee ongeveer 1.5 maand (range 2-6 weken) in beslag. De meeste knutten overwinteren in het derde of vierde larvale stadium, soorten met maar een generatie per jaar vaak als ei.

Overigens is de kans aanwezig dat met de klimaatverandering het 'warmere' seizoen wordt opgerekt van nu mei tot en met september tot straks april tot en met oktober.

Vraag 11: Wat is de invloed van voedselrijkdom op de ontwikkeling van larven?

Veel wateren in agrarisch gebied zijn door uitspoeling van landbouwkundige meststoffen in meer of mindere mate voedselverrijkt geraakt (eutrofiëring). Verrijking met voedingsstoffen leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Hierdoor treden periodes op waarin het water zeer weinig zuurstof bevat. Steekmuggen hebben onder zuurstofarme condities meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren, zoals hun predatoren. Dit is het gevolg van een aangepaste ademhaling. Steekmuglarven zijn namelijk in staat via een adembuis zuurstof uit de lucht te gebruiken. Eutrofiëring leidt ook tot meer algenontwikkeling en eventueel een groter aantal dierlijke micro-organismen. Beide dragen bij aan een verhoogd voedselaanbod voor de steekmuglarven.

Saprobiëring (=verrijking met dood organisch materiaal) treedt op wanneer organisch materiaal in een oppervlaktewater terecht komt. In geval van lozingen is er vaak sprake van het plotseling optreden van voor steekmuggen gunstige zuurstofarme omstandigheden. In poelen en greppels in bosgebieden leidt bladval tot saprobiëring. In deze wateren vormt het organisch materiaal ook de basis voor het voedsel voor veel steekmuggen, namelijk de bacteriën en algen die op deze bladeren voorkomen.

Samenvattend betekent dit dat naarmate de voedselrijkdom in een water hoger is er meer voedsel en minder concurrentie voor de steekmuggen is. Hierdoor worden steekmuggen bij toenemende voedselrijkdom talrijker.

De larven van aquatische knutten leven voornamelijk als predatoren op kleine dieren zoals chironomiden, steekmuglarven, kokerjuffers, nematoden, rotiferen, wormen, protozoën of andere knuttenlarven (kannibalisme). Er zijn ook soorten die zich voeden met – dood organisch materiaal, algen of bacteriën. De aquatische larven zijn goede en snelle zwemmers. Larven van aquatische knutten worden vooral door vissen gegeten. Semiterrestrische larven bevinden relatief ondiep (2-5 cm) in de bodem en worden door vogels gepredeerd (Blackwell & King 1997). Ook larven van knutten ontwikkelen zich afhankelijk van het voedselaanbod. Bij een hogere voedselrijkdom gaat de ontwikkeling sneller en meer larven bereiken het popstadium.

Vraag 12: Hoe groot is de actieradius van steekmuggen en knutten?

In vraag 9 is al ingegaan op de vliegcapaciteit van steekmuggen en knutten. Er is een onderverdeling gegeven in 4 groepen vliegers te weten: sterke (>3 km), goede (>800 m), matige (400-800 m) en zwakke (tot 400 m) vliegers. Maar de dieren vliegen vaak niet verder dan noodzakelijk omdat vliegen ook een risico inhoudt. De feitelijk actieradius van steekmuggen en knutten is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden. De paring treedt meestal op tijdens soortspecifieke paarvluchten die plaats vinden in de omgeving van de broedplaats. Na de paring gaan soorten die bloed nodig hebben voor de ei-rijping op zoek naar prooi. De actieradius die dan wordt bestreken is erg variabel. De huissteekmug *Culex pipiens* bijvoorbeeld heeft een beperkte actieradius van circa 30 m. Echter lokale omstandigheden van luchtvochtigheid, temperatuur, licht (zoals de schaduw van bomen), wind, topografie, vegetatietype of begroeiing, plaats van de broedplaats, aanwezigheid van prooien, fysiologie van het individu, vliegcapaciteit, en populatiedichtheid hebben belangrijke invloed op de daadwerkelijk afgelegde afstand. In het algemeen is de normale actieradius vrij onafhankelijk van de wind omdat vliegen bij hogere windsnelheden wordt vermeden en gecompenseerd op 'windstille' dagen. Veel meteorologische factoren hangen samen met de begroeiing. Veel stekende insecten vliegen dan ook tussen de vegetatie vlak bodem de grond of in de toppen.

Becker et al. (2003, 2010) onderscheiden drie groepen:

- Soorten die meestal opgroeien, rusten en eieren afzetten in de nabije afstand van hun prooien en die dus gewoonlijk korte afstanden afleggen (huissteekmuggen, boomholtesteekmuggen).
- Soorten die matig lange afstanden afleggen tussen de broedplaatsen, rustplaatsen en prooihabitats (sommige moeras- en slootsteekmuggen en plantenboorsteekmuggen).
- Soorten die redelijk lange tot lange afstanden afleggen tussen de verschillende habitats (sommige moerassteekmuggen (vooral soorten die hun broedplaats in open gebieden, zilte moerassen en langs rivieren hebben)).

Knutten komen in alle drie de groepen voor.

Vraag 13: Welke invloed heeft het weer (bv. wind) op de actieradius?

Steekmuggen en knutten worden sterk door de weersomstandigheden gestuurd. Wind, luchtvochtigheid (incl. neerslag) en temperatuur zijn de sturende weersfactoren bij de verspreiding van volwassen steekmuggen en knutten. De volwassen dieren zoeken altijd warmere, vochtiger windarme plaatsen op omdat het gevaar van uitdrogen zoveel mogelijk wordt vermeden. Een hogere temperatuur leidt tot een snellere groei en ontwikkeling. Hogere temperaturen leiden echter tot lagere luchtvochtigheid en dus risico op uitdroging. Vegetaties bieden een vochtiger microklimaat t.o.v. open vlaktes en worden daarom door volwassen steekmuggen en knutten geprefereerd. Wind leidt tot passieve verspreiding als de windkracht groter is dan de vliegkracht van het dier. Steekmuggen en knutten vermijden sterke wind door tussen de vegetatie of vlak boven de grond te gaan vliegen (Snow 1982). Steekmuggen zijn voor hun steekactiviteit afhankelijk van reukpluimen die door de wind worden getransporteerd. Windsnelheden van 0.3–1.0 m/s verminderen succesvolle oriëntatie, zeker voor zwakke vliegers (Gillies & Wilkes 1981, Bidlingmayer et al. 1995). De hoogste windsnelheden waarin steekmuggen vlogen variëren van 0.8-2.8 m/s voor subarctische soorten (Grimstad & DeFoliart 1975, Bidlingmayer et al. 1995). Wind kan de actieradius van stekende insecten aanmerkelijk verkleinen.

Vraag 14: Hoe verspreiden volwassen stekende insecten zich i.r.t. begroeiing?

Voor volwassen steekmuggen en knutten zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en geschikt om zich doorheen te verplaatsen. De begroeiing biedt bescherming tegen wind en wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Hiermee vormt de begroeiing een verbindingszone tussen de plaats waar de larven zich ontwikkelen en eventuele bebouwing, waar de vrouwtjesmuggen op zoek gaan naar een bloedmaaltijd. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich in half-open terrein verspreiden, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen. Deze volwassen steekmuggen mijden open terrein volledig, onder andere vanwege de lagere luchtvochtigheid. De rol van de begroeiing is dus afhankelijk van de soort steekmug of knut.

De afstand waarover steekmuggen zich op eigen kracht verspreiden is variabel. Wanneer er open terrein tussen menselijke bebouwing, recreatieverblijven of stallen en het leefgebied van steekmuggen aanwezig is, blijft het aantal 'overstekende' stekende insecten vaak beperkt, omdat maar weinig volwassen dieren deze gebouwen zullen bereiken. Wanneer het gebied tussen broedplaats en bebouwing steekmug- en knut-onvriendelijk wordt ingericht gaat het tussenliggende gebied als barrière werken. De aanwezigheid van vee in het tussenliggend gebied van broedplaats en bebouwing speelt hierbij geen rol van betekenis. Een ruime afstand tussen mogelijke broedgebieden van steekmuggen en knutten en bebouwing (de plaats waar de volwassen stekende insecten naar toe vliegen) kan effectief werken tegen bepaalde soorten en overlast beperken. Barrières verminderen altijd het aantal stekende insecten dat woningen of dierverblijven bereikt ~~altijd~~. De effectiviteit van barrières (de daadwerkelijke aantalsvermindering) hangt echter samen met drie verschillende aspecten: de vliegcapaciteit, de staat van het tussenliggende gebied en de geschiktheid van het broedgebied.

De **vliegcapaciteit** is van veel Nederlandse soorten stekende insecten niet bekend. Van sommige knutten is bekend dat het zeer goede vliegers zijn. Daarbij is er, zoals eerder opgemerkt geen een-op-een relatie tussen ecologische groepen en vlieggroepen m.a.w. binnen iedere ecologische groep kunnen zowel zwakke als sterke vliegers zitten. Dit laatste resultaat betekent dat het van de lokale omstandigheden afhangt of een barrière zin heeft, omdat het van deze omstandigheden afhangt welke soort zich ontwikkelt. Wanneer bekend is welke soort of soorten zich ontwikkelen of kunnen ontwikkelen en welke vliegcapaciteit die hebben, kan pas aangegeven worden of een barrière meer of minder effectief zal zijn. Bosmoerassteekmuggen bijvoorbeeld zijn zwakke vliegers en daar kan een smalle barrière al veel effect oogsten terwijl riviermoerassteekmuggen sterke vliegers zijn waar barrières niet tegen werken.

Ook speelt **de afstand en inrichting van het tussenliggende gebied of de barrière** een belangrijke rol. De overlast veroorzaakt door zwakke en matige vliegers kan met smallere barrières, die op een juiste manier zijn ingericht, worden beperkt. Een barrière van 50-70 m geeft een 90% vermindering in aantallen zwakke vliegers terwijl dit bij matige vliegers met 140- 200 m wordt bereikt. Voor de goede en sterke vliegers zijn veel bredere barrières nodig om een 90% vermindering te bereiken.

Omgekeerd als de **geschiktheid (oppervlak en kwaliteit) van het broedgebied** verre van optimaal is en er dus maar lage aantallen steekmuggen/knutten optreden is een 90% reductie niet nodig om toch geen overlast te krijgen.

In het algemeen is de inrichting van een barrière erop gericht om een lage luchtvochtigheid (te bereiken met zeer korte vegetatie of open water) en vrijheid voor windwerking (wind beperkt de vliegmogelijkheden sterk) te bereiken. Verplaatsingsmogelijkheden (corridors) in de vorm van linten van bosschages of

opgaande ruigten tussen broedplaatsen en bebouwing (woningen, recreatiebedrijven, stallen) moeten onderbroken of verwijderd worden. Een extra versterking van een barrière is het aanleggen van bosschages aan de binnenzijde van het broedgebied om volwassen steekmuggen en knutten juist het gebied in te trekken i.p.v. het gebied uit richting bebouwing te laten vliegen. Deze zogenoemde 'muggenbosjes' versterken de barrièrewerking.

Vraag 15: Hoe beïnvloedt een broedgebied de aantallen stekende insecten?

De habitataard en -kwaliteit en het oppervlak van broedplaatsen is van groot belang bij de inschatting van aantallen steekmuggen en knutten. Het ligt voor de hand dat hoe groter de oppervlakken aan potentieel broedgebied, hoe groter de kans op overlast zal zijn omdat er dan meer larven volwassen worden. Als dan ook de habitatkwaliteit van de specifieke broedplek optimaal is dan kunnen zich nog hogere aantallen stekende insecten ontwikkelen. Vaak zijn wisselend droog-natte situaties of voedselrijke wateren met wisselend zuurstofloos-zuurstofrijke omstandigheden, dus dynamische landschapstypen, de belangrijkste bon voor overlast van steekmuggen, omdat daar kwaliteit en kwantiteit van broedgebied het hoogst zijn. Dynamische omstandigheden treden bijvoorbeeld ook op na afgraven of plaggen omdat op dergelijke 'maagdelijke' locaties nog geen predatoren leven. Voor knutten is het moeilijker te definiëren wanneer de kwaliteit van het broedgebied het hoogst is, maar het hangt samen met grondwater aan maaiveld en voedselrijkdom.

Een ander voorbeeld bij oppervlak zijn de broedplaatsen van slootsteekmuggen, die vooral te vinden zijn in permanente oppervlaktewateren met veel plantengroei of flabontwikkeling. De ruimtelijk spreiding van dergelijke vegetaties zal in gebieden met sloten vaak beperkt zijn terwijl een grote, brede moeraszone langs een meer aanzienlijk kan zijn.

Vraag 16: Wanneer is sprake van overlast?

Wanneer we spreken over overlast wordt voor menselijke overlast niet gerefereerd aan ziekten maar aan aantallen steken. Ieder mens ervaart overlast verschillend en wordt ook in verschillende mate gebeten. Overlast vanuit veterinair oogpunt is wel gekoppeld aan het optreden van ziekten of verwondingen. Bij ziekten is het gekoppeld aan overdracht door stekende insecten en dat is minder duidelijk gekoppeld aan aantallen terwijl verwondingen juist direct samenhangen met aantallen. Bij de risicoanalyse op steekmuggen en knutten is het begrip overlast wel van groot belang. Een referentienorm voor overlast is voor Nederland niet opgesteld. Belangrijk is daarom een bestaande situatie zo kwantitatief mogelijk vast te stellen om deze in de toekomst met de nieuwe situatie te kunnen vergelijken.

Als vertegenwoordigers uit de families van de steekmuggen en knutten zich massaal ontwikkelen, kunnen deze plaatselijke overlast veroorzaken. Bij overlast is sprake van: 'het hinderlijk voorkomen van één of meer organismen voor mens, gewas of bezit'. Onder een plaag wordt verstaan: 'het in zulke grote aantallen aanwezig zijn van één of meer organismen, dat ze schade veroorzaken of dreigen te veroorzaken voor de mens, zijn gewassen of zijn bezittingen'. Of een organisme overlast of een plaag veroorzaakt, hangt niet zozeer af van zijn aantal, als wel van de mate waarin het schade (overlast) veroorzaakt. Ook organismen die in geringe aantallen voorkomen, kunnen overlast of een plaagsituatie teweegbrengen. Voor een massale ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn een aantal randvoorwaarden nodig. De volgende voorwaarden dragen bij aan overlast en plaagvorming:

- a. een gunstig leefmilieu;

- b. een geringe dichtheid van parasieten en predatoren;
- c. een voldoende voedselaanbod;
- d. een bepaalde aanvangspopulatie van plaaginsecten;
- e. pathogenen (ziekteverwekkers) die muggen en of knutten als vector kunnen overdragen.

Vraag 17: Dragen steekmuggen ziekten over?

Vector-overdraagbare ziekten worden veroorzaakt door pathogenen of ziekteverwekkers, die tussen dieren en/of mensen worden overgebracht door steekmuggen en knutten, de zogenaamde vectoren. Steekmuggen zijn bekende vectoren voor een groot aantal van de ziekteverwekkers wereldwijd. Echter in Nederland hebben zich sinds de uitroeiing van malaria eind jaren '50 geen epidemieën meer voorgedaan van ziekten die door steekmuggen worden overgedragen. Er komen hier echter wel steekmuggen voor die in potentie ziekteverwekkers kunnen overgedragen.

Malaria is in Nederland aan het einde van de vijftiger jaren uitgeroeid. Sindsdien hebben zich geen uitbraken meer voorgedaan van ziekten die door steekmuggen worden overgedragen. De momenteel in Nederland aanwezige soorten steekmuggen spelen vooralsnog geen rol van betekenis in de verspreiding van ziekten onder mens of dier (Braks & Stroo 2016). Dat betekent niet dat er in potentie geen ziekteverwekkers kunnen worden overgedragen. Van de 37 in Nederland aanwezige steekmuggensoorten is van slechts enkele aannemelijk dat ze geen rol spelen in de overdracht van ziekten. Daarom heeft het toenmalige Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) het Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) gevraagd om samen met het Centrum Monitoring Vectoren (CMV) een beleidsadvies te schrijven over de mogelijke verspreiding door steekmuggen van voor Nederland nieuwe ziekten voor mens en dier. Een belangrijk deel van deze mogelijke verspreiding hangt samen met kennis van de vector; de steekmug. In het advies is een inschatting gemaakt van mogelijk humane pathogenen die kunnen worden overgedragen (Braks & Stroo 2016). Na evaluatie van verschillende aspecten van mogelijke risico's noemt de nota vier belangrijke overdraagbare ziekteverwekkers: vivax-malaria, Westnijkooorts, Riftvalkooorts, *Francisella tularensis* (tularemie).

Vivax-malaria, veroorzaakt door de protozo *Plasmodium vivax*, is een infectieziekte die uitsluitend bij mensen voorkomt en die wordt overgebracht door de inheemse slootsteekmug *Anopheles atroparvus*, een soort binnen het complex *An. maculipennis s.l.*. Deze soort is niet in staat om *P. falciparum*, verwekker van de meer ernstige vorm van malaria, over te brengen. Het aantal gevallen waarin dragers van *P. vivax* in Nederland terugkeren is zeer laag en in combinatie met het nog slechts zeldzaam voorkomen van de vector *An. atroparvus*, die in brak water leeft, en de goede Nederlands gezondheidszorg wordt het risico als zeer laag ingeschat. Wanneer alle feiten in acht genomen worden lijkt de kans dat malaria op korte termijn terugkeert in Nederland verwaarloosbaar (Braks & Stroo 2016).

Het WestNijlVirus (WNV), de veroorzaker van Westnijkooorts, wordt gehandhaafd in een cyclus tussen vogels en huissteekmuggen (vooral soorten in het geslacht *Culex*). De laatste 15 jaar is het optreden van Westnijkooorts in Europa sterk toegenomen maar er zijn geen aanwijzingen dat er WNV-overdracht in Nederland heeft plaatsgevonden (Braks & Stroo 2016). Duijster et al. (2016) concluderen: "Gezien de lage kans op introductie van het West-Nijlvirus door trekvogels en de lage muggendichtheid in het voorjaar is het risico op introductie en vestiging van dit virus in Nederland laag (Tran et al. 2014). Daarnaast wordt de kans op vestiging, verspreiding en overdracht van het virus op mensen in Nederland beperkt door de temperatuur. Temperatuur is nu zeker een beperkende factor, maar misschien niet de enige. Zelfs als

de temperatuur stijgt in de toekomst, is dit geen garantie dat een West-Nijl-cyclus op gang komt in Nederland”.

Riftvalkoorts (Rift Valley fever of RVF) wordt door steekmuggen overgedragen op zoogdieren (incl. de mens) en vooral herkauwers, niet op vogels. In Europa is er nog nooit een uitbraak van RVF geweest (Braks & Stroo 2016). Deze auteurs concluderen dat “het moeilijk is te zeggen wat de kans op een uitbraak in Nederland is. Naast de aanwezigheid van de juiste vectoren/insecten zijn er ook andere factoren, zoals de insleep van het virus of de temperatuur, van invloed op het ontstaan van een uitbraak. Het is aannemelijk dat RVF zich kan vestigen in Europa en in Nederland”.

Tularemie wordt veroorzaakt door *Francisella tularensis*, een bacterie die in veel landen in Europa voorkomt. Er ontbreekt echter in Europa en ook in Nederland nog veel kennis over de rol die steekmuggen spelen in de overdracht.

Vraag 18: Hoe gevaarlijk is de loodgrijze malariamug?

De loodgrijze malariamug (*Anopheles plumbeus*) kwam oorspronkelijk als larve alleen voor in boomholtes. Dit bijzondere en kleine habitat leidde ook nooit tot grote dichtheden. De soort heeft zich echter aangepast aan een nieuw habitat, namelijk gierkelders en mestgoten van verlaten stallen. In deze ruimten blijven vaak resten van mest achter en deze mest mengt zich met opwellend grondwater of insijpelend regenwater. Hierdoor ontstaat een habitat wat vergelijkbaar is met een boomholte, schoon water op een organisch rijke bodem, echter met een veel groter oppervlak. In dit habitat blijken zich zeer hoge aantallen larven te kunnen ontwikkelen. Overigens vindt verspreiding van ‘kelder’ naar ‘kelder’ alleen plaats door volwassen vrouwtjes die eitjes afzetten en niet door andere vectoren. Dit habitat ontstaat vaak enkele jaren na het leegpompen van de kelder of goot. Mensen in een straal van circa 500-1000 m rondom de broedplaats worden zowel overdag als in de schemering gestoken. De overlast is in dergelijke zones groot.

Van de loodgrijze malariamug is met zekerheid bekend dat ze onder laboratoriumomstandigheden in staat is om de tropische malariaparasiet *P. falciparum* over te brengen. Echter de zeer lage contactkans tussen loodgrijze malariamug en een besmette patiënt maakt de kans op een uitbraak minimaal (Braks & Stroo 2016). De toename in aantal casussen en de overlast van deze soort vraagt echter wel bijzondere aandacht.

Vraag 19: Welk percentage knutten is drager van Blauwtong en Schmallenberg?

De laatste decennia hebben uitbraken van door knutten van het geslacht *Culicoides* overdraagbare veterinaire ziekten voorgedaan in Nederland, zoals Blauwtong en Schmallenberg (beide virusziekten). Knutten zijn echter in staat een groot aantal virussen over te dragen. Naast de genoemde zijn dit onder andere Lumpy Skin Disease (LSD), Akabane virus (AKAV), Equine Encephalosis Virus (EEV), Afrikaanse paardenpest (APP) en Epizootic Haemorrhagic Disease (EHD).

Het **BlauwTongVirus** (BTV) veroorzaakt de dierziekte blauwtong en wordt overgedragen door *Culicoides* knutten. Er zijn wereldwijd 24 serotypes van het BTV bekend, waarvan de meeste vooral voorkomen in tropische en subtropische gebieden. De meeste types blauwtong geven hoofdzakelijk ziekte tekens bij herkauwers. Tot 2006 kwamen in Europa alleen de serotypen 1, 2, 4, 9 en 16 voor. Het serotype 8 is in ons land en de rest van Europa sinds 2006 opgedoken en veroorzaakt niet alleen ziektesymptomen bij schapen, maar ook bij runderen. Bij de uitbraak van blauwtong serotype 8 in NW Europa in 2006 en 2007 is bewezen dat de knuttensoorten *C. obsoletus*, *C. dewulfi*, *C. pulicaris* en *C. chiopterus* BTV kunnen overbrengen. Deze

soorten maken een belangrijk deel uit van de knutten die voorkomen in het landelijk agrarisch gebied. Knutten overwinteren meestal als ei. Het virus wordt niet via eitjes overgedragen. Dat betekent dat het virus niet tot nauwelijks voorkomt tijdens de winterperiode. Pas als in het voorjaar knutten besmette dieren steken kan besmetting optreden en begint overdracht. Soms overwinteren volwassen knutten in zeer lage aantallen en ook blijft het virus minstens 60 dagen aanwezig in besmette dieren. Dat zijn twee routes waarlangs het virus de winter kan doorkomen. Grote aantallen besmette knutten komen alleen voor na een periode van doorgifte en bij herhaald steken. De bestrijding van blauwtong in Nederland is gebaseerd op Europese regelgeving, en vaccinatie is hierbij een belangrijk onderdeel.

Het **Schmallenbergvirus** (SBV) werd in 2011 voor het eerst in Europa vastgesteld. Het virus veroorzaakt aangeboren afwijkingen bij kalveren en lammeren. Inmiddels is bekend dat zowel gehouden als in het wild levende herkauwers gevoelig voor het SBV. Het virus wordt overgedragen door knutten (*Culicoides* species). Vooral de soorten *Culicoides obsoletus* complex en *Culicoides dewulfi* die gevangen zijn in 2011, bevatten hoge concentraties SBV (Elbers et al. 2013). In Nederland en België waren de gevonden virusconcentraties vijf tot tienmaal hoger dan werd gezien bij blauwtong (van der Poel 2013). Het lijkt erop dat met SBV geïnfecteerde dieren (tijdelijk?) een goede immuniteit ontwikkelen tegen de ziekte. Sinds de komst van het SBV circuleert het jaarlijks. De kans op een uitbraak hangt echter af van het aantal knutten dat zich in de loop van het jaar ontwikkelt en de besmettingsgraad van die knutten. Over dat laatste is echter weinig bekend. Ook het SBV wordt niet via knutteneitjes overgedragen en de aantallen aanwezige besmette knutten is vergelijkbaar met blauwtong besmettingen.

Vraag 20: Levert vernatting extra risico op voor vogelpest?

Vogelpest is een ziekte veroorzaakt door het influenza A-virus en die voorkomt bij vogels, voornamelijk hoenderachtigen. Het virus kan zich verspreiden door de lucht, via direct contact tussen vogels en indirect via bijvoorbeeld uitwerpselen en transportmiddelen. Het virus wordt niet door steekmuggen of knutten overgedragen.

Het **Usutuivirus** daarentegen is een virus waar vogels ziek van kunnen worden. Het virus wordt door steekmuggen, voornamelijk uit het geslacht *Culex*, overgedragen. Vermoedelijk is het virus door trekvogels vanuit Afrika naar Europa overgebracht. Ondanks de grote uitbraken onder vogels, zijn in Europa van slechts enkele mensen met een verlaagde weerstand bekend dat ze besmet waren met het usutuivirus.

Vraag 21: Zijn inentingen en preventieve maatregelen mogelijk?

In het algemeen kunnen veehouders preventieve maatregelen nemen om de kans op besmetting met virussen overgebracht door knutten te verkleinen, door bijvoorbeeld de kans dat hun dieren in aanraking komen met de knutten, te verminderen. Dit kan door de dieren in de schemering en 's nachts op te stallen en door insecticiden te gebruiken.

Blauwtongvirus: Een echte behandeling voor blauwtong bestaat niet: tegen het veroorzakende virus is geen medicijn beschikbaar. Virusremmende middelen zijn er voor herkauwers evenmin. Vaccinatie is het enige echt effectieve middel bij hoefdieren. Het vaccin is alleen effectief tegen het serotype-8 en -1(?). Niet uitgesloten kan worden dat er een ander type blauwtong de kop opsteekt. Het vaccin biedt in dat geval geen bescherming. Blauwtong is niet overdraagbaar op de mens.

Schmallenbergvirus: Uit onderzoek van het RIVM blijkt dat het zeer onwaarschijnlijk is dat mensen ziek worden van het Schmallenbergvirus. Er is op dit moment geen vaccin of medicijn beschikbaar. Een vaccin is wel in ontwikkeling.

Usutuivirus: Er zijn geen specifieke medicijnen beschikbaar. De behandeling van vogels bestaat uit het bestrijden van de symptomen. Een vaccin voor vogels is

vooral nog niet beschikbaar. Het is zeer uitzonderlijk dat mensen met het Usutu virus besmet raken. In de zeldzame gevallen dat dit gebeurde betrof het personen met verzwakte weerstand.

Vraag 22: Levert vernatting extra overlast op voor recreanten?

Vernatting van een gebied kan het risico vergroten dat steekmuggen en knutten talrijker gaan optreden. De factoren en processen die dat risico bepalen kunnen worden beoordeeld. Het betreft factoren of processen die van invloed zijn op de vorming van habitats, inclusief het aanwezig zijn van hun predatoren, die geschikt zijn voor de verschillende levensstadia van steekmuggen en knutten. Hiertoe is de 'Leidraad Risicomanagement overlast steekmuggen en knutten' (Verdonschot & Lototskaya 2012) ontwikkeld (bijlage 1). Met deze tool kunnen de risico's van inrichtingsmaatregelen worden ingeschat.

In Nederland is geen onderzoek gedaan naar de relatie tussen recreatieve activiteiten en de mate van aanwezigheid van overlast veroorzakende stekende insecten. Internationaal is wel een verband aangegeven tussen beide zaken, waarbij de tijd dat mensen in een dergelijk gebied verkeren korter is bij overlast. Veel inheemse steekmuggen zijn vooral in de ochtend- en avonden actief en hebben daardoor overdag geen invloed op recreatieve activiteiten. Alleen de dagactieve soorten, zoals de tijgermug, leveren wel overlast. Uit onderzoek in twee dorpen in Italië bleek dat het percentage geïnterviewde personen dat aangaf minder activiteiten in de open lucht te ontplooiën in het dorp Rovigo, een gebied met een hoge dichtheid van de tijgermug (*Ae. Albopictus*) 54% bedroeg ten opzichte van 31% in het dorp Villadose (Carrieri et al. 2008).

Knutten daarentegen zijn dagactief en kunnen in hoge dichtheden voorkomen. Van veel laagveengebieden in Nederland is bekend dat in de periode half mei-half juni waterrecreatie gehinderd wordt door hoge aantallen knutten. In het Verenigd Koninkrijk is deze overlast nog erger en wordt van een 'midge-season' gesproken (Kettle 1951, Boorman 1986, Blackwell 2000). Bosarbeiders zijn in die periode circa 20% minder effectief (Hendry & Godwin 1988). De overlast wordt vooral door de knut *C. impunctatus* veroorzaakt (Blackwell & Page 2003), een soort die ook in Nederland wijd verspreid is. Hoge aantallen *C. impunctatus* zijn negatief gecorreleerd met veedichtheid, maar positief met lichtbegrasd grasland of natte biezten (de habitat van de larve; Purse et al. 2012). Vergelijkbare overlastsituaties zijn van alle continenten bekend (Marsh 1986). In het algemeen is de belangrijkste remedie het gebruik van een DEET-houdend middel tijdens openlucht recreatie.

Vraag 23: Waardoor is er vaak sprake van overlast rond bebouwing?

De bebouwde of urbane omgeving omvat woonhuizen, recreatieverblijven, bedrijven, kantoorpanden, boerderijen met stallen en hun directe omgeving. Juist voor steekmuggen en knutten speelt de bebouwde omgeving een belangrijke rol. Veel tijdelijke restwatertjes blijven op en rondom bebouwing achter en fungeren zo als een tijdelijk watermilieu dat uitermate geschikt is voor steekmuggen. Vochtige graslanden zijn uitermate geschikt voor de culicoïde knutten. Verschillende watertypen aanwezig rondom bebouwing kunnen worden onderscheiden.

Permanent water met zoninval, zoals vijvers, drinkpoelen en bassins zijn vergelijkbaar met ondiep open water mits het niet, zoals soms bij bassins het geval is, regelmatig droogvalt of wordt leeggepompt.

Permanent van licht afgesloten water, zoals regentonnen, ondergrondse bergingen en kruipruimten, ontvangen geen licht wat de ontwikkeling van een

watersysteem met daarin rovers en andere organismen hindert. Het is een biologisch relatief 'leeg' maar permanent oppervlaktewater.

Tijdelijk water omvat droogvallende kunstmatige waterpartijen zoals die ontstaan in oude badkuipen en drinkbakken. Het peil is sterk wisselend en er treedt op onregelmatige tijden droogval op.

Onvoorzien water betreft zeer kleine tot grotere waterpartijen die vaak na perioden met neerslag ontstaan in bijvoorbeeld autobanden, bloembakken, emmers, speciekuipen, jampotjes, verstopte dakgoten, slecht afwaterende platte daken, depressie in afdekplastics, enz.

Vraag 24: Treedt er verschil op tussen de bestaande en toekomstige natuur?

Deze vraag betreft het verschil tussen de bestaande situatie (droogvallende beken en vennen, verdroogde blauwgraslanden, kalkgraslanden, trilvenen, etc.) en de nieuwe situatie (waterretentiegebieden, waterbergingsgebieden, vernatting, etc.) en het aantal steekmuggen en knutten die in de nieuwe situatie extra te verwachten zijn.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang in een dergelijke toename. De vraag is echter of deze toename ook aanleiding geeft voor extra overlast. Wanneer sprake is van natuurdoelen dan betreft dat vaak het nastreven van stabiele milieu-omstandigheden in hydrologie (bijvoorbeeld het ontwikkelen van hoogveen betekent het stimuleren van de groei van veenmossen, wat weer betekent dat de hydrologie nauwelijks wisselingen mag vertonen). Ook betekent het soms het nastreven van matig tot zeer voedselarme omstandigheden en soms het creëren van waterbergingsgebieden, waterretentiegebieden en bufferstroken met randdammen die juist voedselrijker zijn en slechts tijdelijk water bevatten (instabiele milieu-omstandigheden). Naarmate de voedselrijkdom afneemt zal het aantal stekende insecten dat zich kan ontwikkelen worden beperkt. Dit geldt minder voor de aan voedselarmere omstandigheden aangepaste soorten, maar die profiteren juist van een hydrologische dynamiek. Stabiliteit in milieu-omstandigheden is in het algemeen zeer ongunstig voor het talrijk worden van stekende insecten, instabiliteit juist niet. Belangrijk bij ieder project is of stabiliteit ook daadwerkelijk kan worden gerealiseerd of dat juist instabiliteit ontstaat. De deelvraag over toename in aantallen of indicatie daarvan is dus niet eenduidig te beantwoorden en is weer locatie en omstandigheden specifiek. De mate van stabiliteit en voedselrijkdom bepaald in belangrijke mate de aanwezigheid van specifieke soorten en van toe- of afnames.

Vraag 25: Zijn maatregelen mogelijk als er gegronde risico's ontstaan?

Bij het herinrichten of nieuw aanleggen van natte terreinen staat altijd voorop 'het voorkomen van situaties waar massale ontwikkeling van steekmuggen en knutten kan plaats vinden'. Voor een verantwoorde (her)inrichting geldt daarbij dat kennis van de ecologie van mogelijk optredende soort(en) steekmuggen en of knutten noodzakelijk is om een locatiespecifieke risicoanalyse vooraf mogelijk te maken. Bij de (her)inrichting van gebieden is vooraf vaak ook sprake van een vraag naar het potentieel optreden van steekmuggen en knutten. Deze vraag kan worden beantwoord wanneer naast de potentieel optredende steekmuggen en knutten ook kennis is over de bij (her)inrichting gewenste en vanuit optiek van steekmuggen en knutten mogelijke fysische (habitatstructuur en waterhuishouding), chemische (waterkwaliteit, voedselrijkdom) en biologische milieu-omstandigheden.

Daarnaast zijn ook aanvullende maatregelen op gebied van fysieke inrichting, waterkwantiteit en waterkwaliteit mogelijk om bij te sturen.

Vraag 26: Hoe kan ik op fysieke omstandigheden (bij)sturen?

Bij het (her)inrichten van natte gebieden wordt altijd ingegrepen op de fysieke omstandigheden van het terrein en het houdt bijna altijd een wijziging van de structuur van het aanwezige ecosysteem in. Ten aanzien van ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn hierbij twee uitersten mogelijk. Enerzijds het voorkómen of verminderen van het ontstaan van oppervlaktewater (vooral tijdelijke aquatische milieus) en anderzijds het volledig en permanent onder water zetten (van delen) van een gebied. Dit zijn vaak doeltreffende methoden gebleken om omvangrijke leefmilieus van steekmuggen en knutten te minimaliseren. Het nadeel bij het voorkómen van grote drassige oppervlakken en moerassen of het egaliseren van potentieel drassige terreinen is dat hierdoor ook de temporaire aquatische milieus zelf met hun eigen flora en fauna verdwijnen. Bij het volledig onder water zetten van deelgebieden geldt hetzelfde nadeel, echter door het graven van bijvoorbeeld sloten en plassen kan nog een redelijke aquatische diversiteit ontstaan.

Bij de aanleg van permanente wateren dient rekening te worden gehouden met:

1. De potentiële ontwikkeling van waterplanten als substraat voor de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*.
2. Een eventuele golfslagzone ter voorkoming van kolonisatie door *Anopheles* en *Culex* (malariamug respectievelijk huissteekmug)
3. Een steilere oever ter voorkoming van ei-afzetting door *Aedes* (moerassteekmug).

Dit dient echter steeds in relatie met de plaats, de aanwezigheid van predatoren, de doelstellingen en de ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied te worden bekeken. Minder drastische mitigerende maatregelen omvatten een meer ecologische inrichting van de potentiële (tijdelijke) aquatische milieus door bijvoorbeeld:

- Het over grote afstanden voorkómen of regelmatig weghalen van overhangende vegetatie ter voorkoming van ei-afzettingsmogelijkheden voor schaduwminnende soorten.
- Het niet aanplanten of laten ontwikkelen, of het kappen van bomen en struiken waardoor de toevoer van organische voedingsstoffen voorkomen of verminderd wordt en de schuil- en dispersiemilieus voor volwassen dieren verminderen.
- Het verwijderen van watervegetatie (stevige helofyten zoals lisdodde, egelskop, kalmoes, gele lis, mannagrass en dergelijke) waaraan *Coquillettidia* gebonden is voor de luchtademhaling.
- Het (laten) optreden van onregelmatige waterstandwisselingen waardoor tijdelijk aquatische milieus in aanraking komen met permanente milieus of juist verder indrogen. Hierbij moet wel gezorgd worden dat juist geen extra tijdelijke aquatische milieus ontstaan.
- Het eind februari instellen van een hoog waterpeil (minimaal 20 cm) en in mei van een lager peil waardoor geen synchronisatie van *Aedes* populaties kan optreden en predatie een kans krijgt.
- Het voorkómen van brede ondiepe, onregelmatig en te flauw aflopende oevers waar veel tijdelijke aquatische milieus zich kunnen vormen.
- Het voorkómen van het optreden van teveel restwateren (kleine poelen) na waterstanddaling in het voorjaar door bijvoorbeeld het egaliseren van de flauw aflopende oevers of een steilere oevervorm.
- Het aanbrengen van voldoende waterbeweging.

Al deze methoden hangen samen met de aanwezige ecologische kennis van de plaag veroorzakende soorten. Elke situatie vraagt om een eigen interpretatie van het aanwezige gebiedstype en de te beïnvloeden fysische factoren. Daarbij is het nodig om te weten welke soorten steekmuggen aanwezig zijn dan wel te verwachten zijn. Timing is hierbij een extra factor. Bij waterretentiegebieden bijvoorbeeld hangt het sterk af van de door het weer gestuurde mate van natheid (het optreden van tijdelijk water) en de temperatuur. Herhaling van tijdelijk water in combinatie met hogere temperaturen bevordert bijvoorbeeld het massaal optreden van huissteekmuggen.

Vraag 27: Hoe kan ik op waterkwaliteit sturen?

Het sturen op de waterkwaliteit van het potentiële leefmilieu van steekmuggen en knutten omvat vaak drastische maatregelen, zoals:

- Het omvormen van een zoutwater in een zoetwaterhabitat of omgekeerd.
- Het omvormen van een zuur in een neutraal milieu of omgekeerd.
- Het omvormen van een voedselrijk in een meer voedselarm milieu of omgekeerd.

Dergelijke ingrepen hangen vaak nauw samen met mogelijke hydrologische maatregelen en of saneringsmaatregelen. Hierbij gelden dezelfde nadelen ten aanzien van biodiversiteitsverlies als genoemd onder sturing op habitat en waterkwantiteit. Een bijkomend risico is dat juist bij omvorming de nieuwe leefmilieus mogelijk geschikt worden voor andere soorten steekmuggen en knutten. Minder drastische inrichtingsmogelijkheden omvatten bijvoorbeeld:

- Het verminderen of stopzetten van toevoer van voedselrijk water.
- Het verminderen of stopzetten van organische belasting.
- Bij voedselrijk water het voorkomen van het ontstaan van langdurige tijdelijke wateren.

Bij het inlaten van water of wijzigen van kwelstromen moet er rekening mee worden gehouden dat sulfaatrijk water kan leiden tot interne eutrofiëring (veenrot).

Vraag 28: Kan ik sturen op predatoren van steekmuggen en knutten?

Eén van de meest kansrijke biologische factoren houdt de introductie van of het scheppen van randvoorwaarden voor het optreden van predatoren om zo de aantallen larven van steekmuggen en knutten te verminderen. Meestal zijn de leefmilieus van steekmuggen en knutten ongeschikt voor kolonisatie door (potentiële) predatoren als gevolg van de aanwezige dynamische milieuomstandigheden (onder andere periodieke uitdroging, wisseling in chemische samenstelling). Het met succes doen optreden van of doen koloniseren met predatoren betekent in veel gevallen ook vermindering van een groot deel van de steekmuggen en knutten. Een voorbeeld is een (tijdelijke) koppeling aan een permanent oppervlaktewater. Specifieke predatoren van steekmuggen en knutten zijn niet bekend, maar generieke des te meer. Sommige planten (*Eleocharis sp.*, *Scirpus sp.*) remmen de ei-afzetting van bepaalde soorten. Het stimuleren van de ontwikkeling van deze planten kan waar mogelijk zinvol zijn.

Het sturen met predatoren op volwassen steekmuggen en knutten is veel minder kansrijk. Gebieden met hoge aantallen stekende insecten blijken niet sterk te kunnen worden uitgedund door vogels, vleermuizen of andere predatoren op volwassen dieren.

Vraag 29: Moet ik extra maatregelen nemen vlak na een (her)inrichting?

Het antwoord is ja. Bij (her)inrichting ontstaan vaak nieuwe al dan niet tijdelijke oppervlaktewateren. Dergelijke wateren zijn mogelijk nog niet gekoloniseerd met predatoren, met andere woorden: de levensgemeenschap is nog niet ontwikkeld. Dit

biedt een ruimte voor kolonisatie van snelgroeiende soorten zoals steekmuggen. Vaak treedt na ingreep binnen korte tijd een massale ontwikkeling van steekmuggen op. Bij de (her)inrichting kan aandacht gegeven worden om dergelijke tijdelijke uitbraken te verminderen:

- Het uitvoeren van de aanleg in de nazomer waardoor meer fauna tussen de nazomer en het voorjaar van het volgende jaar tijd krijgt om het nieuwe of heringerichte milieu te koloniseren.
- Het in verbinding brengen van het nieuw aangelegde of heringerichte water met reeds bestaande permanente wateren zoals plassen of brede sloten. Deze koppeling versnelt de kolonisatie met predatoren van het (ver)nieuw(d)e milieu.
- Het monitoren van nieuw aangelegde natte gebieden om, indien daar aanleiding voor is, plaatselijk en gericht te bestrijden.

Vraag 30: Heeft het terreinbeheer invloed op steekmuggen en knutten?

De uiteindelijk ontwikkelde toestand van vernat of van een om andere reden (her)ingericht gebied kan een verhoging op het aantal steekmuggen en knutten tot gevolg hebben. Echter door kleinschalige herinrichtingsmaatregelen en aanpassingen aan beheer kan overlast voor direct omwonenden worden verkleind. Een aantal mogelijkheden zijn:

- Het ervoor zorgen dat een afstand tussen nat terrein en bebouwing van 80 tot enkele honderden meters wordt gehandhaafd (zie vraag 9 en 12). In deze strook zijn geen verbindende stroken van ruigtekruiden, opgaande begroeiingen of bosschages aanwezig. Door deze corridors voor steekmuggen en knutten te vermijden zullen veel minder volwassen muggen de bebouwing kunnen bereiken. Het aanleggen van dergelijke barrières helpt altijd maar dat de effectiviteit is niet alleen afhankelijk is van (1) de soort met een bepaalde vliegcapaciteit (4 vlieggroepen), maar ook van (2) de inrichting van de buffer ('Hoe onneembaar is de barrière voor de steekmug of knut?'), (3) de aard (in relatie tot de ecologische groepen steekmuggen en knutten), het oppervlak en kwaliteit van het broedgebied en (4) de ruimtelijke positionering t.o.v. bosschages en woningen, recreatieverblijven, stallen en overige bebouwing. Dit betekent dat bovengenoemde 4 aspecten in relatie tot de weersomstandigheden, omdat die uiteindelijk de dynamiek van het water sturen, in de discussies rondom buffers en barrières meegenomen moeten worden. Deze complexiteit vraagt om een lokale benadering.
- Het ervoor zorgen dat vernatte, moerasige of plas-dras situaties op veel plaatsen - al dan niet tijdelijk - in open verbinding komen te staan met permanent open water.
- Het ervoor zorgen dat oeverzones geleidelijk aflopen naar permanent water zodat bij verlaging van het waterpeil er nauwelijks tot geen restwater achterblijft, en het water dat wel achterblijft zo gering is dat het binnen tien dagen is verdampt.
- Waar mogelijk het permanent, zeer ondiep en vaak voedselrijk en plantenrijk water te laten bewegen, bijvoorbeeld bij bemalen, om zo steekmuggen veel minder kans te geven zich te ontwikkelen.
- Het streven, ook bij moeras- en plas-dras situaties of verbrede oevers, naar stabiele, matig-voedselrijke omstandigheden. In het agrarisch gebied is water echter vaak eutroof of hypertroof. Stabiele waterecosystemen hebben een beter ontwikkelde levensgemeenschap met meer veerkracht waarin groepen zoals steekmuggen en knutten veel minder kans hebben zich massaal te ontwikkelen. Minder voedselrijke wateren zullen ook veel minder snel verlanden.

- Begrazing door runderen of paarden vergroot het terreinreliëf. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen plekken (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee) ontstaan waarin water achterblijft. Dit geldt vooral bij een slechte draagkracht van de bodem, bijvoorbeeld bij natte veenbodems. Begrazing onder dergelijke omstandigheden dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.
- Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en luwte, wat in het voordeel is van volwassen steekmuggen die daarin rustplaatsen vinden en zich daardoor kunnen verplaatsen.
- Verrijking van oppervlaktewater met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Steekmuggen hebben, in geval van zuurstofarme condities, door een aangepaste ademhaling meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren zoals hun predatoren. Voldoende strenge eisen aan de waterkwaliteit kan bijdragen aan de verkleining van de kans op steekmuggen.
- Er voor zorg dragen dat kleinere, ondiepe wateren (vaak sloten) niet te ver verlanden. De verlandingscyclus moet tijdig wordt gestopt of teruggezet door maaien en baggeren.
- Waar terreinreliëf geen rol speelt bij de functie van een gebied, kan ervoor worden gezorgd dat er minder laagten aanwezig zijn, zodat achterblijvend water na inundatie of neerslag, vooral bij slechter doorlatende bodems, zich niet in tijdelijke plasjes ophoopt.

Vraag 31: Hoe zit het met kriebelmuggen in Nederland?

Er komen 17 soorten kriebelmuggen (Simuliidae) voor in Nederland. De larven van kriebelmuggen leven in stromend water (beken en rivieren). Meestal komen ze alleen in ondiep water voor, tot op een diepte van zo'n 30 cm vastgehecht aan waterplanten, takken en stenen, met uitzondering van een aantal soorten dat karakteristiek is voor grote rivieren. Ze worden vooral enorm talrijk in voedselrijkere beken en rivieren waarin zich veel algen ontwikkelen. Ook worden ze in grote aantallen gevonden in overlopen en cascades na poelen, zandvangen of reservoirs. In dit stilstaande water ontwikkelen zich veel algen en bij de uitstroom vinden de kriebelmuggen de combinatie van stromend water en veel voedsel in de vorm van de algen.

Het meest opvallende aan deze stekende insecten is hun steek- of bloedzuiggedrag. Zo zijn van kriebelmuggen indrukwekkende cijfers bekend over het aantal landingen op een mens: twaalf landingen per vierkante centimeter huid per minuut met 2,6 steken tot gevolg. Dergelijke dichtheden treden vooral op als de dieren massaal gelijktijdig uitvliegen. In Nederland komen plagen in deze vorm niet voor. Behalve lokaal in de snelstromende Zuid-Limburgse beken komt ook geen overlast voor.

De levensduur van kriebelmuggen is variabel. Zo doorloopt de larve van *Simulium damnosum* de larvale periode in zes dagen en wordt de hele levenscyclus in minder dan twee weken voltooid. De larven vervellen zes tot negen keer (meestal zeven keer). Het aantal vervellingen is mede afhankelijk van de watertemperatuur en de voedselkwaliteit. Het popstadium duurt bij de meeste soorten ongeveer één week. De eitjes worden in pakketten van dertig tot 800 stuks afgezet. Nadat de larven uit de eitjes kruipen, verspreiden ze zich en hechten zich aan vaste substraten, zoals plantenstengels, hout of stenen.

Vraag 32: Kunnen we in Nederland overlast van kriebelmuggen verwachten?

Kriebelmuggen zijn belangrijke verspreiders van rivierblindheid, een tropische ziekte die veroorzaakt wordt door een nematode en blindheid tot gevolg heeft. Noch in Nederland, noch in Europa worden door kriebelmuggen ziekten op de mens overgedragen. Desalniettemin kan de overlast in de omgeving van stromend water groot zijn. Langs de Donau zijn in 1923 op één dag 22 duizend stuks vee de dood ingegaagd. Echte plagen zijn in Nederland niet gedocumenteerd, wel plaatselijke overlast. Het meest hinderlijke is dat kriebelmuggen vaak in zwermen rondom iemands hoofd zwermen zonder te steken. Kriebelmuggen dragen wel enkele dierziekten over zoals bovine onchocerciasis bij vee en myxomatose bij konijnen.

Het beheer richt zich veelal op de larven. Benedenstrooms van zandvangen kan door het verwijderen van de watervegetatie of het laten wisselen van de waterstand de dichtheid van kriebelmuggen sterk worden verminderd. Normale DEET-houdende smeermiddelen beschermen de mens tegen steken.

Vraag 33: Hoe zit het met dazen in Nederland?

Dazen behoren tot de meest bekende stekende insecten. Ze zijn groot, hebben vaak opvallende kleuren en de vrouwtjes bijten overdag. Deze beet is meestal pijnlijk.

De ogen van dazen zijn opvallend met gele, oranje of paarse kleurpatronen. De kleur van het achterlijf heeft geleid tot namen zoals gele vlieg of blauwstaartvlieg, de oogkleur tot de benaming groenkop. Dazen worden in de volksmond vaak verward met horzels. Horzels behoren echter tot een andere groep van vliegen en kunnen niet steken of bijten. De larven van horzels parasiteren levende dieren, meestal hoefdieren, terwijl de larven van dazen zich in het water of op andere vochtige plekken ontwikkelen. De larven kunnen in verschillende habitats gevonden worden, bijvoorbeeld in modderbodems en rottend plantenmateriaal in allerlei watersystemen maar ook onder stenen in beken, in rottend hout of op het land in strooisel. Feitelijk zijn de meeste larven aquatisch omdat ze of in het water of in waterverzadigde bodem leven. Vaak worden de dazen op basis van de natheid van het leefmilieu ingedeeld in waterminnend, semi-waterminnend, vochtminnend en droogteminnend. De ontwikkelingsduur van de larve is afhankelijk van de voedselbeschikbaarheid, de temperatuur en de vochtigheid. Als de larve uit het ei komt vervelt ze éénmaal voordat ze gaat bewegen. De tweede vervelling vindt 3 tot 6 dagen later plaats. Daarna vinden nog 5 tot 9 vervellingen plaats. De larven kunnen maanden overleven zonder voedsel. Dazen overwinteren meestal als larve. Meestal verpoppen de dazen in het voorjaar. Het popstadium duurt, afhankelijk van de soort en de temperatuur, 1 tot 4 weken. Volwassen dazen leven ongeveer 6 weken. Dazen zijn hele goede vliegers die dagelijks kilometers kunnen afleggen. Hun verspreiding hangt vooral van de prooidichtheid af. De meeste dieren blijven echter meestal dichtbij hun broedgebied. De vliegactiviteit wordt sterk beïnvloed door het weer. Ze vliegen vooral op warme, windstille dagen. Dan wordt ook de hoogste steekactiviteit waargenomen, vooral als de lucht ook nog vochtig is. Na het bloedmaal ontwikkelen de eitjes in het vrouwtje zich in 3 tot 13 dagen. Deze worden enkele dagen later afgezet. De eitjes van dazen zijn 1 tot 3 mm groot en worden in klompjes van 50 tot 800 stuks afgezet, bij waterminnende soorten op blad van emergente of drijvende vegetatie (op 20 tot 70 cm boven het wateroppervlak) of op bladeren of bast van overhangende takken langs beken en bij landminnende soorten op kruidige vegetatie of de strooisellaag.

Vraag 34: Kunnen we in Nederland overlast van dazen verwachten?

Op enkele soorten na steken alle dazenvrouwtjes, vooral overdag. De periode van de dag waarop ze steken is afhankelijk van de soort. De belangrijkste aantrekking gaat uit

van kooldioxide, warmte en bij sommige soorten dierlijke urine. Dazen steken vooral runderen, paarden, herten en andere grote zoogdieren, maar kunnen ook andere gewervelden zoals vogels en reptielen steken. Soms keren vrouwtjes na circa 3 dagen terug om dezelfde prooi te steken. Wanneer de bloedstroom op gang is verlaat het vrouwtje de gastheer niet meer. Door de sterke antistollingsmiddelen die de dazen uitscheiden blijft het bloed minutenlang uit de wond stromen. Dit trekt weer andere vliegen aan met extra kans op bijkomende infecties voor de gastheer. Het is ook dit antistollingsmiddel dat jeuk en bulten veroorzaakt. Het herhaald bijten leidt tot het uitwisselen van bloed tussen prooidieren en daarmee tot verspreiding van in bloed aanwezige ziekten. Na een bloedmaal blijft namelijk altijd een klein residu in de monddelen achter. Dazen kunnen virussen, bacteriën, protozoa en nematoden overbrengen. Gelukkig gebeurt dat in Nederland niet en veroorzaken dazen alleen overlast en zo nu en dan een plaag. De bijtwonden die dazen veroorzaken kunnen wel gemakkelijk geïnfecteerd raken hetgeen tot ontstekingen kan leiden. Het belangrijkste beheerprobleem is dat in een gebied bijna altijd meerdere soorten leven in verschillende habitats en dat die soorten ook nog eens actief zijn in verschillende seizoenen. Beschermende maatregelen op de huid van het vee zijn daarom alleen effectief bij continue behandeling. Ook bij mensen is het effect van insecten werende middelen, inclusief DEET-houdende stoffen, weinig effectief tegen dazen. Omdat dazen niet door kleding heen steken is voor mensen het dragen van een lange broek en kleding met lange mouwen het meest effectief om dazenbeten te voorkomen.

Voor vee is het meest effectief om de dieren in schuren te houden en niet in de buurt van overgangen tussen bos en grasland te laten grazen. Echter, gesloten omheiningen of houtwallen hoger dan 2 m kunnen wel de aantallen dazen beperken. Dazen vliegen namelijk niet hoog en zullen eerder om dergelijke omheiningen heen vliegen dan eroverheen gaan.

De larven bestrijden is moeilijk omdat bestrijdingsmiddelen nauwelijks in natte bodems doordringen. Waterbeheer kan bijdragen. Wanneer de soort bekend is dan kan de pop worden verdrongen door op het juiste moment het grondwaterpeil te laten stijgen. Omgekeerd kan bij andere soorten verdroging uitkomst bieden. Omdat dazen vooral goed gedijen in geroerde venige gronden is het aan te bevelen bij herinrichtingen dergelijke gronden in de eerste jaren te verdrogen om de aantallen larven te beperken.

3. Conclusies

Bij het uitvoeren van vernattingsmaatregelen en de aanleg van waterretentiegebieden, waterbergingsgebieden en bufferstroken met retentiebekkens kunnen er plekken ontstaan waar stagnant voedselrijk water gedurende een korte of een wat langere tijd op of aan maaiveld staat. Op dergelijke plekken kan overlast ontstaan van stekende insecten.

De Provincie Overijssel wil graag meer kennis over stekende insecten (steekmuggen, knutten, dazen en kriebelmuggen) hebben, om zo een gedegen en onderbouwde reactie te kunnen geven op inspraakreacties naar aanleiding van voorgenomen vernattings- en retentiemaatregelen. Daarnaast wil de Provincie deze informatie omzetten in een 'deskundigenrapport' wat bij een eventuele rechtsgang aan de Raad van State kan worden overhandigd.

De bovengenoemde 34 vragen en antwoorden hebben betrekking op het mogelijk optreden van overlast door stekende insecten als gevolg van de vernattings- en retentiemaatregelen. Overlast voor de mens (bewoner, recreant, campingeigenaar etc.) en overlast in relatie tot het optreden van dierziekten (Schmallenberg, Blauwtong, Vogelgriep, etc.).

Overlast voorkomen begint bij een brongerichte aanpak. De bron van overlast door stekende insecten begint daarom bij het ervoor zorgen dat deze insecten niet massaal kunnen ontwikkelen. Daarvoor moet gezorgd worden dat broedplaatsen van larven tot een minimum worden beperkt. Broedplaatsen zijn altijd locatie- en soort-specifiek. Steekmuggen ontwikkelen zich meestal in oppervlaktewateren met een grote dynamiek in milieuvariabelen, zoals temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging en een wisselend zuurstofgehalte. Knutten ontwikkelen zich in een groot scala aan habitats, van natte organisch rijke graslanden, tot moerassen tot aan diepe meren. Dazen ontwikkelen zich in natte tot aquatische organische habitats. Kriebelmuggen leven in stromende wateren. Het massaal ontwikkelen van larven hangt altijd samen met een dynamische verstoorde omgeving.

Hoofdfactoren in het dynamische larvenmilieu zijn hydrologie, weer en water- en bodemsamenstelling. Bij vernattings- en retentiemaatregelen is vaak sprake van tijdelijk voedselrijk water. Dat water is vooral bevorderlijk voor steekmuggen en knutten. Kriebelmuggen leveren in Nederland nauwelijks overlast en dazen alleen zeer lokaal, vooral bij gewoelde natte, organische bodems. Voor steekmuggen is periode van het jaar in relatie tot water- en moerastype van belang terwijl bij knutten periode van het jaar en water tot maaiveld het belangrijkste is. Kernregels zijn het niet laten ontstaan van langdurig tijdelijke voedselrijke wateren in de zomer om huissteekmuggen en in het voorjaar om moerassteekmuggen geen kans te geven, en het zorgen dat water aan maaiveld voor half april uitzakt om knutten geen kans te geven.

Volwassen stekende insecten zoeken altijd hoog opgaande kruiden, bosschages en struikgewas op om te rusten, te ontwikkelen en te verspreiden. Op deze plekken is de luchtvochtigheid hoog genoeg om te overleven. Overlast kan daarom ook aanvullend verminderd worden door in het gebied dat tussen de maatregellocaties en de bebouwing ligt, verplaatsing van vooral steekmuggen en knutten zoveel mogelijk te beperken. Dit kan door het treffen van beheer- en inrichtingsmaatregelen zoals het inperken van hoog opkomende begroeiingen (bosschages, houtwallen, singels, ruigten in bermen, langs

akkers en slootkanten). Door vegetaties in dit verspreidingsgebied kort te houden wordt voorkomen dat steekmuggen en knutten zich richting bebouwing kunnen verplaatsen. Omgekeerd kan het aanbrengen van opgaande begroeiing in de tegenovergestelde richting ertoe leiden dat steekmuggen en knutten juist naar de andere zijde van de vernattingsmaatregelen worden geleid.

Omdat mogelijke overlast altijd locatie- en soortspecifiek is wordt aanbevolen om bij nieuwe projecten de nulsituatie vooraf vast te leggen, de toekomstige ontwikkeling te voorspellen (uitvoeren van een risico-analyse) en na uitvoering van maatregelen te monitoren.

4. Literatuur

- Becker N., Petrić D., Boase C., Lane J., Zgomba M., Dahl C. & Kaiser A. (2003). Mosquitoes and their control (Vol. 2). New York: Springer.
- Becker N., Petrić D., Zgomba M., Boase C., Madon M., Dahl C. & Kaiser A. (2010). Mosquito Research Techniques. In Mosquitoes and their Control (pp. 43-61). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Beuk P.L.T. (2002). Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV Uitgeverij.
- Bidlingmayer W.L., Day J.F. & Evans D.G. (1995). Effect of wind velocity on suction trap catches of some Florida mosquitoes. J. Am. Mosq. Control Assoc. 11: 295-301.
- Blackwell A. & Page S.J. (2003). Biting midges and tourism in Scotland. Managing tourist health and safety in the new millennium, 67-84.
- Blackwell A. (2000). Scottish biting midges: tourist attraction or deterrent? Antenna (London), 24(3), 144-150.
- Blackwell A., & King F.C. (1997). The vertical distribution of *Culicoides impunctatus* larvae. Medical and veterinary entomology, 11(1), 45-48.
- Boorman J. (1986). British Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae): notes on distribution and biology. Entomological Gazette, 1986.
- Braks M.A.H. & Stroo C.J. (2016). Bestrijding van inheemse muggen in Nederland: Mogelijkheden en uitdagingen.
- Carrieri M., Bellini R., Maccaferri S., Gallo L., Maini S., & Celli G. (2008). Tolerance thresholds for *Aedes albopictus* and *Aedes caspius* in Italian urban areas. Journal of the American Mosquito Control Association, 24(3), 377-386.
- Duijster J.W., Stroo C.J. & Braks M.A.H. (2016). Van vogels, muggen en West-Nijl-virus. Weinig kans op West-Nijl-koorts in Nederland. NED TIJDSCHR GENEESKD, 160, A9899.
- Elbers A.R., Meiswinkel R., van Weezep E., et al. (2013). Schmallerberg virus in *Culicoides* spp. Biting midges, the Netherlands, 2011. Emerg Infect Dis. 19(1):106-9. doi: 10.3201/eid1901.121054
- Gillies M.T. & Wilkes T.J. (1981). Field experiments with a wind tunnel on the flight speed of some West African mosquitoes (Diptera: Culicidae). Bull. Entomol. Res. 71: 65-70.
- Grimstad P.R. & DeFoliart G.R. (1975). Mosquito nectar feeding in Wisconsin in relation to twilight and microclimate. J. Med. Entomol. 11: 691-698.
- Gruys P., Van Lenteren J.C., Parlevliet J.E., Scheepens P.C. en Van Zon J.C.J. (1985). Oecologische achtergronden van plagen en hun bestrijding: In: 'Inleiding tot de oecologie', Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht, 465-492.
- Gutsevich A.V. (1973). bloodsucking midges (Ceratopogonidae). Fauna SSSR Nasekomye Dvukrylye.
- Hendry G. & Godwin G. (1988). Biting midges in Scottish forestry: a costly irritant or a trivial nuisance? Scottish Forestry, 1988.
- Kettle D.S. (1951). The spatial distribution of *Culicoides impunctatus* Goet. under woodland and moorland conditions and its flight range through woodland. Bulletin of Entomological Research, 1951.
- Marsh P.M. (1986). Ecological studies on *Culicoides impunctatus* (Diptera Ceratopogonidae) with reference to its control in the Highlands of Scotland.
- Purse B.V., Falconer D., Sullivan M.J., Carpenter S., Mellor P.S., Pieterse S.B., Mordue (Iuntz) A.J., Albon S., Gunn G.J. & Blackwell A. (2012). Impacts of climate, host and landscape factors on *Culicoides* species in Scotland. Medical and veterinary entomology, 26(2), 168-177.

- Snow W.F. (1982). Further observations on the vertical distribution of flying mosquitoes (Diptera: Culicidae) in West African savanna. *Bull. Entomol. Res.* 72: 695–708.
- Tran A., Sudre B., Paz S., et al. (2014). Environmental predictors of West Nile fever risk in Europe. *Int. J. Health Geogr.* 2014;13:26.
- van der Poel, W. H. M. (2013). Beheersing van het Schmallenbergvirus. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde*, 138(11), 28-32.
- Verdonschot P.F.M., & Besse-Lototskaya A.A. (2014). Flight distance of mosquitoes (Culicidae): a metadata analysis to support the management of barrier zones around rewetted and newly constructed wetlands. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, 45, 69-79.
- Verdonschot Piet F.M (2009). Verkenning van de steekmuggen- en knutten-problematiek bij klimaatverandering en vernatting. *Alterra rapport 1856*. 76 pp.
- Verdonschot, P.F.M. & A. Besse-Lototskaya (2012). Leidraad Risicomanagement overlast steekmuggen en knutten. *Alterra-rapport 2298*, 57 pp.
- Verdonschot, P.F.M. (2012a). Bloedzuigende insecten deel 1. Steekmuggen. *Dierplagen informatie 3*: 4-7.
- Verdonschot, P.F.M. (2012b). Bloedzuigende insecten deel 2. Knutten. *Dierplagen informatie 4*: 16-20.
- Verdonschot, P.F.M. (2013a). Bloedzuigende insecten deel 3. Dazen. *Dierplagen informatie 1*: 16-19.
- Verdonschot, P.F.M. (2013b). Bloedzuigende insecten deel 4. Kriebelmuggen. *Dierplagen informatie 4*: 6-9.
- Verdonschot, P.F.M., Schmidt, G., Leeuwen, P.H.J. van & Schot, J.A. (1988). Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswateren. *RIN, Leersum, rapp. 88/31*: 1-109.
- Zadoks J.C. (1985). Landbouw tussen oecologie en economie. In 'Inleiding tot de Oecologie'. Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht. 375 421.

Bijlage 1. Leidraad Risicomanagement overlast steekmuggen en knutten (Verdonschot & Lototskaya 2012)

Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

In opdracht van het ministerie van LNV, uitgevoerd in het cluster Ecologische Hoofdstructuur, thema Ecologische doelen en maatlatten waterbeheer (BO-02-007).

Projectcode [\[5235477\]](#)

Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

Piet F.M. Verdonschot

Alterra-rapport Groene Hart v3_0.doc

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Verdonschot Piet F.M. 2009. *Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport Groene Hart v3_0.doc. 71blz.; 9 tab.; 50 ref.

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en zeer tijdelijke milieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de factoren permanentie, dynamiek en temperatuur cruciaal. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra aan de ontwikkeling van deze dieren bij. Dit rapport geeft een overzicht van bestaande kennis en een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht. In het rapport worden achtereenvolgens de huidige situatie, de effecten van internationalisering en globalisering, de klimaatverandering en de effecten van de implementatie van de vernattingsopgaven beschreven in het licht van de reeds aanwezige soorten steekmuggen en knutten en met het oog op eventuele nieuwkomers.

Trefwoorden: steekmug, knut, laag-Nederland, klimaatverandering, vernattingsopgave, arbovirus, malaria, exoot

ISSN 1566-7197

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

© 2009 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

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

Inhoud

Woord vooraf	39
Samenvatting	41
1 Inleiding	43
1.1 Aanleiding	43
1.2 Doel	43
1.3 Vragen	44
2 Nulsituatie	45
2.1 Steekmuggen en knutten in Nederland	45
2.2 Overlast en plaagvorming	52
2.3 Ziekten	61
2.4 Huidige situatie	64
3 Autonome ontwikkeling met klimaatverandering	67
3.1 Klimaatverandering in Nederland	67
3.2 Gevolgen klimaatverandering voor steekmuggen en knutten	69
3.3 Nieuwkomers	71
3.4 Gevolgen voor de gezondheid	73
4 Toekomstige ontwikkelingen met vernattingsopgaven	75
4.1 Vernattingsopgaven	75
4.2 Effecten op steekmuggen en knutten	75
4.3 Vernatting en gezondheid	75
5 Mitigerende maatregelen	77
5.1 Inleiding	77
5.2 Herinrichting	77
5.3 Beheer	80
5.4 Bestrijding	81
6 Conclusies en aanbevelingen	84
6.1 Conclusies	84
6.2 Aanbevelingen	85
Literatuur	89
Bijlage 1 Ecologie van steekmuggen	1
Bijlage 2 Ecologie van knutten (Ceratopogonidae)	4
Bijlage 3 Overzicht van (mogelijk) in Europa voorkomende arbovirussen en andere ziekteverwekkers	6

Woord vooraf

Vernatting, klimaatverandering, internationalisering en globalisering brengen allemaal veranderingen mee. Een veel gehoorde zorg bij het natter worden van onze leefomgeving is de opkomst van steekmuggen en knutten met de daarbij behorende bestaande of nieuwe ziekten. Dit rapport zet de kennis op een rij die op dit moment voor dit onderwerp beschikbaar is.

Dit rapport is tot stand gekomen naar aanleiding van een helpdeskvraag van Nico Bos (ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Regionale Zaken (LNV, DRZ)). De uitvoering is uitgevoerd in opdracht van LNV en gefinancierd uit het helpdesk budget van het cluster Ecologische Hoofdstructuur (BO-02) in het thema Ecologische doelen en maatregelen waterbeheer (BO-02-007).

Het schrijfproces is begeleid door Nico Bos (LNV, DRZ), Rob Ligtenberg (provincie Zuid-Holland), Marianne Wuite (LNV, DC) en Pim Jansen (provincie Zuid-Holland).

Het rapport is van commentaar voorzien door Prof. Dr. ir. W. Takken (WUR), Prof. dr. M. Koopmans (RIVM), ir. N.W. Bos (LNV, DRZ), drs. E. van Well (LNV, DRZ), J. le Rutte (LNV, DC) en ir. R. Verdonchot (Alterra, WUR). Alle bovengenoemde personen worden hartelijk bedankt voor hun inzet en constructieve bijdragen.

Samenvatting

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en korte tijd aanwezige watermilieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de het al dan niet permanent aanwezig zijn van water, de wisselingen daarin en de temperatuur van groot belang. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra bij aan de ontwikkeling van deze dieren. Dit rapport geeft een overzicht van de bestaande kennis en een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel gebieden in laag-Nederland reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems zou als gevolg van het huidige waterbeheer de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting).

Door de verdere internationalisering en globalisering van het handelsverkeer vindt er meer uitwisseling van goederen en daarmee ongewild ook van steekmuggen, knutten en ziektekiemen plaats.

Door klimaatverandering verandert de temperatuur en de neerslagverdeling in Nederland. Het warmere klimaat en de nattere winters en heftige zomerbuien tijdens droge, warme zomers dragen bij aan verstekte wisselingen in waterpeilen. Dit betekent ook dat klimaatverandering leidt tot uitbreiding van geschikte leefmilieus voor steekmuggen en knutten. Dit betreft niet specifiek gebiedstypen aanwezig in het landelijk gebied, maar betreft alle situaties waar tijdelijke, ondiepe wateren kunnen ontstaan. Omdat klimaatverandering inmiddels een gegeven is, wordt deze ontwikkeling als autonoom beschouwd.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang.

Om de effecten van vernatting op de mate van ontwikkeling van steekmuggen- en knuttenpopulaties te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk. Een overzicht van deze herinrichtings- en beheermaatregelen is in dit rapport opgenomen. Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk lokale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote gezondheidsrisico's mee.

Klimaatverandering en internationaal verkeer dragen bij aan vergroting van de kans op vestiging van nieuwe soorten steekmuggen en knutten. Deze soorten kunnen nieuwe ziekten overdragen. Voor zover nu bekend betreft dit vooral soorten die talrijk ontwikkelen in en nabij de bebouwde omgeving. De komst van deze soorten is onafhankelijk van het Nederlandse waterbeheer, maar een gevolg van de autonome ontwikkelingen geïnitieerd door klimaatverandering.

De bijdrage van vernatting aan de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten steekmuggen en knutten is onzeker omdat de kennis van de ecologie van deze nieuwkomers en hun specifieke gedrag onder de toekomstige Nederlandse condities nog onvoldoende bekend is. In hoeverre nieuwkomers of nieuwe ziekten die ook overgedragen kunnen worden door inheemse steekmuggen en knutten baat bij vernatting hebben is eveneens onzeker.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Enkele jaren geleden is op verzoek van het ministerie van Verkeer en Waterstaat een onderzoek gedaan naar de effecten van muggen en knutten op de volksgezondheid. Dit heeft geresulteerd in de brochure: Muggen & Knutten (2002). Deze brochure geeft een vrij algemeen beeld van de stand van dat moment. Klimaatverandering en de vernattingsopgave geven beide aanleiding om opnieuw naar deze brochure te kijken. Klimaatverandering leidt tot opwarming, nattere winters en drogere zomers met korte perioden van intense regen. Het gevolg hiervan is dat het watersysteem dynamischer wordt. Leidt klimaatverandering hiermee tot verbetering van het milieu voor steekmuggen en knutten?

Bij de uitvoering van de vernattingsopgave zijn projecten geïnitieerd die gericht zijn op:

- Het vernatten van het landgebruikssysteem in het kader van het tegengaan van bodemdaling.
- Het tegengaan van verdroging van belangrijke natuurgebieden.
- De aanleg van nieuwe boezems.
- De aanleg van nieuwe natuur, bijvoorbeeld in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur en de aanleg van de robuuste verbinding Groene Ruggengraat door het Groene Hart.

Hierbij speelt steeds de vraag of bij dit type projecten een voor steekmuggen en knutten geschikt milieu ontstaat. In discussies over vernatten en wijzigen van de waterhuishouding blijkt elke keer dat dit vraagstuk wordt gebruikt als argument tegen dergelijke projecten.

Het ministerie van LNV heeft daarom opdracht gegeven aan Alterra, Wageningen UR tot een aanvullende helpdeskvraag, bedoeld om een specifiekere verkenning uit te voeren naar de effecten van klimaatverandering en vernatting op steekmuggen en knutten. Het resultaat daarvan is dit rapport.

1.2 Doel

Het doel van het te verrichten onderzoek is inzicht te krijgen in het optreden van 'overlast' veroorzaakt door steekmuggen en knutten onder de huidige omstandigheden en in de nabije toekomst door klimaatveranderingen en bij de uitvoering van vernattingsopgaven. Daarnaast worden eventuele maatregelen in beeld gebracht die kunnen bijdragen aan vermindering van genoemde 'overlast' onder betreffende omstandigheden.

1.3 Vragen

Deze verkenning is uitgevoerd als korte bureaustudie gebaseerd op bestaande en snel beschikbare kennis. De antwoorden op onderstaande vragen vormen een eerste indicatie van de mogelijkheden:

1. Welke 'overlast' door steekmuggen en knutten treedt in de huidige situatie, bij het huidige klimaat, op?
2. Welke veranderingen in 'overlast' door steekmuggen en knutten zijn te verwachten door klimaatveranderingen, onafhankelijk van eventuele vernattingsopgaven?
3. Met welke maatregelen kunnen de effecten van de te verwachten klimaatveranderingen op 'overlast' door steekmuggen en knutten worden verminderd?
4. Welke veranderingen in 'overlast' door steekmuggen en knutten zijn te verwachten door het uitvoeren van vernattingsopgaven?
5. Met welke maatregelen kunnen de effecten van de vernattingsopgaven op 'overlast' door steekmuggen en knutten worden verminderd?

Als vertegenwoordigers uit de families van de steekmuggen en knutten zich massaal ontwikkelen, kunnen deze plaatselijke overlast veroorzaken. Bij overlast is sprake van: 'het hinderlijk voorkomen van één of meer organismen voor mens, gewas of bezit'. Onder een plaag wordt verstaan: 'het in zulke grote aantallen voorkomen van één of meer organismen, dat ze schade veroorzaken of dreigen te veroorzaken voor de mens, zijn gewassen of zijn bezittingen'. Of een organisme overlast of een plaag veroorzaakt, hangt niet zozeer af van zijn aantal, als wel van de mate waarin het schade (overlast) veroorzaakt. Ook organismen die in geringe aantallen voorkomen, kunnen overlast of een plaagsituatie teweegbrengen (Gruys et al. 1985). Voor een massale ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn een aantal randvoorwaarden nodig. De volgende voorwaarden dragen bij aan overlast en plaagvorming (Zadoks 1985):

- a. een gunstig leefmilieu,
- b. een geringe dichtheid van parasieten en predatoren,
- c. een voldoende voedselaanbod,
- d. een bepaalde aanvangspopulatie van plaaginsecten.

2 Nulsituatie

2.1 Steekmuggen en knutten in Nederland

2.1.1 Leefmilieus van steekmuggen en knutten

Steekmuggen ontwikkelen zich meestal in oppervlaktewateren met een grote dynamiek in milieuvariabelen, zoals temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging en een wisselend zuurstofgehalte. Dit in tegenstelling tot veel van hun potentiële predatoren, die dergelijke milieus vermijden. Knutten ontwikkelen zich in een groot scala aan habitats, van natte organisch rijke graslanden tot moerassen tot aan diepe meren.

Voor overlast gevende of plaagvormende populaties van steekmuggen en knutten kan onderscheid worden gemaakt tussen de habitateisen van de verschillende levensstadia van (Tabel 1; Bijlage 1, 2):

- huissteekmuggen
- moerassteekmuggen
- malariamuggen
- boomholtesteekmuggen (de twee mogelijk in de nabije toekomst te verwachten risicodragende soorten *Aedes albopictus* en *A. aegypti* zijn onder deze groep opgenomen)
- knutten (de knutten zijn in lijn met de opdracht als gehele groep opgenomen alhoewel een nadere differentiatie in de toekomst gewenst is)

Tabel 1. Habitateisen van levensstadia van steekmuggen en knutten als groep.

levensstadium	genus	habitat
malariamuggen (1)		
eieren van malariamuggen	<i>Anopheles</i>	ei-afzetting enkelvoudig op het wateroppervlak
larven van malariamuggen	<i>Anopheles</i>	verlandende sloten, plas-dras bermen met dichte verlandende vegetaties
volwassen malariamuggen	<i>Anopheles</i>	rust- en schuilplaats: bosschages, ruigtebegroeiing overwintering: als volwassenen in o.a. veestallen
moerassteekmuggen (2)		
eieren van moerassteekmuggen	<i>Aedes</i> <i>Culiseta (Culicella)</i>	ei-afzetting: semi-aquatisch of terrestrisch (vochtige bodems) ei is het overwinteringsstadium
larven van moerassteekmuggen	<i>Aedes</i> <i>Culiseta (Culicella)</i>	randen van vochtige bossen, moerasbossen, open en gesloten veenmoerassen en overstromingsplassen in rivier- en beekdalen
volwassen moerassteekmuggen	<i>Aedes</i> <i>Culiseta (Culicella)</i>	rust- en schuilplaats: hoog opgaande begroeiing zoals bos, struikgewas, ruigtebegroeiing
huissteekmuggen (3)		
eieren van huissteekmuggen	<i>Culex</i> <i>Culiseta (Culiseta)</i>	ei-afzetting: in vlotjes op het wateroppervlak
larven van huissteekmuggen	<i>Culex</i> <i>Culiseta (Culiseta)</i>	vrijwel alle semi-permanente en temporaire wateren, ook massale ontwikkeling in

volwassen huissteekmuggen	<i>Culex</i> <i>Culiseta (Culiseta)</i>	boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen rust- en schuilplaats: hoog opgaande begroeiing zoals bos, struikgewas, ruigten overwintering: in boomholten, kruipgaten, stallen en schuren
boomholtesteckmuggen (4)		
eieren <i>Aedes albopictus</i> , <i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes</i>	ei-afzetting: net boven waterlijn ei is het overwinteringsstadium ei is droogteresistent
larven van <i>Aedes albopictus</i> , <i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes</i>	massale ontwikkeling in boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen
volwassen <i>Aedes albopictus</i> , <i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes</i>	rust- en schuilplaats: opgaande begroeiing
knutten(5)		
knutten	<i>familie</i> <i>Ceratopogonidae</i>	rust- en schuilplaats: opgaande begroeiing overwintering: als ei of larve ei-afzetting: allerlei wijzen

Toelichting:

(1) Het habitat van de **malariamug** bestaat uit allerlei stilstaande ondiepe wateren (sloten, kanalen, poeltjes, plassen) met veel ondergedoken of emergente vegetatie, verlandende sloten en verlandingszones. De larven hebben geen ademhalingsbuis en hangen horizontaal tegen het wateroppervlak en voeden zich in tegenstelling tot andere steekmuggen ook aan het wateroppervlak. Malaria-muggen ontwikkelen zich vanaf het voorjaar (mei) en bereiken de hoogste aantallen (circa 3^{de} generatie) in de nazomer (hogere temperaturen; juli-september). Ze overwinteren als volwassenen.

(2) De ontwikkeling van de **moerassteekmug** is sterk gebonden aan waterpeilfluctuaties. De larven leven in tijdelijke moeras- en drassituaties en het tijdelijk droogvallende substraat dient als locatie voor het afzetten van de eitjes. Deze situatie kan het gevolg zijn van een weinig doorlatende ondergrond, eventueel in combinatie met een terreinreliëf waarin water stagneert, of een meer doorlatende of 'lekkende' ondergrond in combinatie met een tijdelijk hogere grondwaterstand.

(3) De **huissteekmug** kan zich vrijwel in alle semi-permanente, tijdelijke en antropogene wateren ontwikkelen. De larven leven in kleine waterpartijen met sterke fluctuaties in milieuomstandigheden. Voorbeelden zijn sterk organisch belaste wateren of wateren met een korte bestaansduur, zoals regenwaterplassen.

(4) De **boomholtesteckmug**, ook wel containersteekmug genoemd, dankt haar naam aan het oorspronkelijk habitat, de boomholte. Deze groep kan zich echter in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren ontwikkelen, waaronder autobanden, blikjes, schaaltes en boomholten. De eieren ontwikkelen zich wanneer een dergelijk 'micro'-oppervlaktewater zich met water vult, bijvoorbeeld na een regenbui. Bij voldoende hoge temperaturen vliegen de larven na korte tijd uit. Boomholtesteckmuggen komen ook voor in permanente 'containermilieus', waar ze meerdere generaties ontwikkelen waarbij ook predatoren aanwezig kunnen zijn die de aantallen slechts enigszins verlagen.

(1 t/m 4) Voor **alle volwassen steekmuggen** zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en om zich doorheen te verplaatsen. Ze bieden bescherming tegen wind en hebben over het algemeen een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Ze vormen ook een verbindingzone tussen het leefgebied van **steekmuggen** en eventuele bebouwing.

Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich verspreiden in half open terrein, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen en open terrein geheel vermijden.

(5) **Knutten** kunnen zich, afhankelijk van de soort, in allerlei milieus ontwikkelen. Vooralsnog gaan we ervan uit dat in ieder geval vochtig grasland habitat is voor de soorten van het genus *Culicoides*. Dit is het genus dat bloed zuigt en o.a. blauwtong overdraagt. Of hier ook aquatische milieus aan bijdragen is nog onbekend.

2.1.2 Risicobepalende factoren en processen

Voor een bestaand of her in te richten gebied kan op basis van kennis van risicobepalende factoren en processen worden beoordeeld hoe groot het risico is dat steekmuggen en knutten massaal gaan optreden. De volgende factoren of processen zijn van invloed op de vorming van habitats die geschikt zijn voor ten eerste de verschillende levensstadia van steekmuggen en ten tweede het voorkomen van hun predatoren. Daarmee bepalen ze de risico's van inrichtingsmaatregelen. Predatoren of rovers ontbreken wanneer milieumomstandigheden sterk wisselen (bijvoorbeeld droogval) of in extremen verkeren. Over de biologie van knutten is onvoldoende bekend om deze factoren voldoende te kunnen invullen.

2.1.1.1.1 Permanentie van het oppervlaktewater

De permanentie of omgekeerd de mate van droogval van een oppervlaktewater wordt bepaald door de neerslag, de grondwaterstand, en de mate en frequentie van inundatie. Op basis van waterdiepte en hydrologische isolatie van een al dan niet tijdelijk oppervlaktewater zijn verschillende watertypen te onderscheiden.

Permanente oppervlaktewateren. Dit betreft wateren zoals plassen, boezems, nooit droogvallende sloten, kanalen, beken of rivieren. In dergelijke permanente wateren kunnen populaties van predatoren van steekmuggen hun levenscyclus voltooien en door predatie voorkomen dat steekmuggen zich massaal ontwikkelen. Steekmuglarven zijn uiterst kwetsbaar voor predatie, mede omdat ze zich vaak aan het wateroppervlak bevinden. Ook in tijdelijk onder water staande terreinen die met permanente wateren verbonden zijn, kunnen steekmuglarven zich moeilijk ontwikkelen, omdat deze toegankelijk zijn voor predatoren uit het permanente water.

Geïsoleerde semi-permanente en temporaire oppervlaktewateren. Deze wateren hebben een geringe waterdiepte en zijn niet verbonden met permanente oppervlaktewateren. Dergelijke oppervlaktewateren hebben een grote kans om jaarlijks droog te vallen. Droogvalling is bij uitstek een gunstige uitgangspositie voor de ontwikkeling van grote aantallen steekmuggen. Als gevolg van droogval delen de steekmuggen het water met weinig andere organismen, dit is gunstig voor steekmuggen, omdat de larven een uiterst geringe concurrentiekracht hebben. Ook kunnen de meeste predatoren van steekmuglarven hun levenscyclus niet voltooien in droogvallende wateren en ontbreken dan ook. Lage concurrentie en predatie leiden tot het massaal optreden van steekmuggen in dit type wateren.

2.1.1.1.2 Stroming en golfslag

Steekmuggen zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van stilstaand water. De larven en poppen van steekmuggen zijn zeer gevoelig voor stroming en golfslag, en zullen wanneer dit optreedt in hun ontwikkeling beperkt blijven (Fritz & Heimer 1981). In grotere oppervlaktewateren met een brede ondiepe oeverzone zal tussen de oevervegetatie nauwelijks stroming of golfslag optreden. In deze delen is de

aanwezigheid van predatoren (zoals roofkevers, libellenlarven en amfibieën) een belangrijkere factor die de ontwikkeling van de steekmuggen beperkt. Knutten komen in allerlei wateren voor. Stroming en golfslag spelen een geringe rol ten aanzien van het voorkomen, behalve indien daadwerkelijk sprake is van stroming. De oeverzone is altijd voor bepaalde soorten geschikt.

2.1.1.1.3 Terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw

Met het reliëf van het terrein wordt een afwisseling van hogere en lagere delen van het maaiveld bedoeld. Deze afwisseling kan het gevolg zijn van inrichtingsmaatregelen (zoals plaggen of afgraven) of van nature aanwezig zijn (zoals langs beken en rivieren, in duinvalleien en moerasgebieden). Langs grotere beken en rivieren kan door erosie en sedimentatie tijdens inundaties ook een bepaald reliëf ontstaan. In moerasgebieden ontstaat reliëf als gevolg van bultvorming door de aanwezige vegetatie.

Tijdens perioden met veel neerslag of na inundatie kan water achterblijven in laagten, putjes en kuilen. De verblijftijd van het water is afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de bodem en de terreinhelling (deze laatste factor vooral in vlakke gebieden). Wanneer veel kleiafzettingen in de bodem aanwezig zijn, kan water lange tijd blijven staan. Bestaat de bodem voornamelijk uit zand, dan zal het water sneller inzigen, behalve wanneer sprake is van een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld zo hoog als het maaiveld). Wanneer in het voorjaar plassen en poelen langer water bevatten, is dit in het voordeel van steekmuggen. In combinatie met de ontwikkeling van hogere vegetatie (hogere luchtvochtigheid en windluwte) is dit een gunstige Ausgangssituatie voor steekmuggenplagen.

2.1.1.1.4 Verlanding

Verlanding van ondiepe oppervlaktewateren en oeverzones bevordert de ontwikkeling van habitat voor steekmuggen. Tussen de dichte submerse en emergente watervegetaties hebben larven van steekmuggen meer schuil- en ontsnapingsmogelijkheden voor predatoren. Ondiepe delen warmen daarnaast ook sneller op, hetgeen de groeisnelheid van larven van steekmuggen sterk bevordert. Ook voor knutten zijn dergelijke zones met ondiep water en veel organisch materiaal als habitat zeer geschikt.

2.1.1.1.5 Opslag van bomen en struiken

Voor volwassen steekmuggen zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en geschikt om zich doorheen te verplaatsen. De begroeiing biedt bescherming tegen wind en wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Hiermee vormt de begroeiing een verbindingszone tussen de plaats waar de larven zich ontwikkelen en eventuele bebouwing, waar de vrouwtjesmuggen op zoek gaan naar een bloedmaaltijd. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich in half open terrein verspreiden, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen. Deze volwassen steekmuggen mijden open terrein volledig, onder andere vanwege de lagere luchtvochtigheid.

De afstand waarover steekmuggen zich op eigen kracht verspreiden is beperkt, behalve wanneer ze met de wind worden verplaatst. Wanneer er open terrein tussen menselijke bewoning en het leefgebied van steekmuggen aanwezig is, blijft overlast vaak beperkt, omdat maar weinig volwassen steekmuggen de bewoning bereiken.

2.1.1.1.6 Temperatuur

Steekmuggen ontwikkelen zich sneller bij hogere temperaturen. Ondiepe wateren warmen in de zomer snel op en vormen daarmee een uitstekend milieu voor de zich dan zeer snel (tot binnen 10 dagen) ontwikkelende steekmug. Opeenvolgende jaren met warme zomers kunnen de omvang van de aanvangspopulaties doen toenemen.

2.1.1.1.7 Milieuwisselingen en extreme condities

Een sterke wisseling van milieuomstandigheden, bijvoorbeeld een afwisseling van zout (brak) naar zoet water of van neutraal naar een lage zuurgraad, heeft tot gevolg dat de meeste waterdieren sterven. Met een wisseling naar brak of zoet wordt een nieuw watermilieu gecreëerd waar, als gevolg van afwezigheid van predatoren, steekmuggen zich goed in kunnen ontwikkelen. Extreme milieus zoals regentonnen en natte kruipgaten leveren een voor veel aquatische organismen onleefbaar milieu op, maar een habitat dat echter wel weer geschikt is voor steekmuggen.

2.1.1.1.8 Inundatie

Het moment in de tijd, de frequentie en de duur van inundatie in samenhang met het terreinrelief zijn sterk bepalend voor de permanentie van achterblijvende wateren. Overstroming van rivieruiterwaarden en beekbegeleidende gronden treedt vooral op in de winter en het voorjaar (beek- of rivierinundatie). In onregelmatige terreinen met een slecht doorlatende bodem (veen- en kleigebieden, zoals veel aanwezig in de laagveenregio in het westen van Nederland) of terreinen met een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld duinvaleien, laagten en veenweidepolders) treden als gevolg van intense neerslag in de zomer ook (regen)inundaties op. Water zal in vlakke gebieden na (regen)inundatie langer aanwezig blijven. Wanneer gedurende langere tijd water in een terrein achterblijft, biedt dit een semi-permanent milieu dat geschikt is voor de ontwikkeling van steekmuggen.

2.1.1.1.9 Eutrofiëring en saprobiëring

Verrijking met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Veel wateren in agrarisch gebied zijn door uitspoeling van landbouwkundige meststoffen ge-eutrofiëerd. Hierdoor treden periodes op waarin het water zeer weinig zuurstof bevat. Steekmuggen hebben onder zuurstofarme condities meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren, zoals hun predatoren. Dit is het gevolg van een aangepaste ademhaling. Steekmuglarven zijn namelijk in staat via een adembuis zuurstof uit de lucht te gebruiken. Eutrofiëring leidt ook tot meer algenontwikkeling en eventueel een groter aantal dierlijke micro-organismen. Beide dragen bij aan een verhoogd voedselaanbod voor de steekmuglarven.

Saprobiëring (=verrijking met dood organisch materiaal) treedt op wanneer organisch materiaal in een oppervlaktewater terecht komt. In geval van lozingen is er vaak sprake van het plotseling optreden van voor steekmuggen gunstige zuurstofarme omstandigheden. In poelen en greppels in bosgebieden leidt bladval tot saprobiëring. In deze wateren vormt het organisch materiaal ook de basis voor het voedsel voor veel steekmuggen, namelijk de bacteriën en algen die op deze bladeren voorkomen.

2.1.1.1.10 Beheer

Begrazing door runderen en/of paarden kan het terreinreliëf vergroten. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen lage plekken met vaak een sterk verdichte bodem ontstaan (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee), waarin water kan achterblijven. Omgekeerd echter voorkomt een hoge graasdruk de ontwikkeling van hoog opgaande vegetatie, wat weer negatief uitwerkt voor volwassen steekmuggen.

Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en met meer luwe plekken, wat in het voordeel is van steekmuggen.

De levensstadia van steekmuggen en knutten kunnen direct in verband worden gebracht met de risicobepalende factoren en processen (Tabel 2).

Tabel 2. Het verband tussen levensstadia van steekmuggen en knutten en risicobepalende factoren en processen. (+++ = randvoorwaarde, ++ = groot voordeel, + = voordeel, 0 = niet noodzakelijk, - = nadeel)

risicofactoren en processen	<i>positief voor steekmuggen en knutten</i>	eieren en larven				
		moeras-steekmuggen	huissteekmuggen	malaria-muggen	boomholte-steekmuggen ⁴	knutten
predatie	<i>afwezig</i>	+++	+++	++	++	+
permanentie	<i>droogval</i>	+++	++	0/+	0	0
waterbeweging	<i>afwezig</i>	-	-	-	-	0
terreinreliëf	<i>onregelmatig</i>	+++	+++	0/+	+++	+
verlanding	<i>sterk</i>	+	++	+++ ³	++	+
temperatuur	<i>hoog</i>	++	++	++	+++	++
milieuwisselingen/ extreme condities	<i>sterk</i>	0	++	0	+++	0
inundatie	<i>aanwezig</i>	+++ ¹	++ ²	0	+++ ¹	+
eutrofiëring/ saprobiëring	<i>hoger</i>	+	+	++	++	+
volwassenen						
opslag	<i>aanwezig</i>	++	++		++	
bewoning	<i>aanwezig</i>	0	++	++	++	
beheer	<i>aanwezig</i>					

1 met name in het voorjaar en in mindere mate zomer

2 met name in de zomer

3 watervegetatie

4 komen nog niet in Nederland voor

Samenvattend beschrijft Tabel 2 enkele milieutypen en omstandigheden die positief bijdragen aan mogelijke plaagvorming. Echter deze tabel kan niet los gezien worden van andere factoren die een rol spelen bij het daadwerkelijk optreden van ‘overlast’, zoals keuzen in gebiedsinrichting en beheeropties.

Samenvattend:

- De larven van moerassteekmuggen gedijen optimaal wanneer er in een onregelmatig terrein veel tijdelijk (geen predatoren) water is (veel poeltjes als gevolg van inundatie door begeleidend water of door winterneerslag) in het voorjaar, en de temperaturen oplopen.
- De larven van huissteekmuggen gedijen optimaal wanneer er tijdelijk (geen predatoren) of predatorloos permanent (milieuwisseling bijvoorbeeld in verlandingszones of extreme condities in regentonnen) water is en de temperatuur over meer dan 10 dagen hoog ($>20^{\circ}\text{C}$) is (vaak in de zomer)
- De larven van malariamuggen gedijen optimaal in plantenrijke, ondiepe, mogelijk voedselverrijkte wateren (minder predatie, voedsel) in de zomer bij hoge temperaturen.
- De larven van boomholtsteekmuggen ontwikkelen zich in de zomer in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren, van nature in boomholten maar ook in autobanden, blikjes en schaaftjes. Deze groep komt nog niet in Nederland voor maar is in de nabije toekomst te verwachten en is daarom voor alle duidelijkheid hier opgenomen
- De knutten is een grote groep die onder allerlei omstandigheden gedijen. Voor een meer specifiek beeld dienen de meest relevante genera apart bekeken te worden. Echter het onderhavige onderzoek is niet toereikend voor deze verfijning.

2.1.3 Risicoanalyse

Om de kans op overlast of een plaag van steekmuggen of knutten in te schatten is een risicoanalyse uitgevoerd. De risico's op overlast of plaagvorming worden bepaald door:

- a) De habitateisen van relevante levensstadia van steekmuggen en knutten;
- b) De aanwezigheid van geschikte habitats en de daar bijbehorende sturende factoren en processen.

De habitateisen komen voort uit de ecologie van de soortgroepen (Bijlage 1, 2) en zijn per groep samengevat gepresenteerd in paragraaf 2.1.1. De mate van geschiktheid van een habitat is gebaseerd op watertype, diepte/permanentie, peil en voedselrijkdom.

Het al dan niet optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is tenslotte uitgedrukt in risicoklassen (Tabel 3).

Tabel 3. Omschrijving van de risicoklassen.

risicoklasse	omschrijving
<i>zeer risicovol</i> (+++)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is bijna zeker
<i>risicovol</i> (++)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is groot
<i>potentieel risicovol</i> (+)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is zeker mogelijk

<i>risicoarm (0)</i>	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is gering
<i>geen risico (-)</i>	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is nagenoeg nul

2.2 Overlast en plaagvorming

2.2.1 Plaagvorming door steekmuggen

Omdat veel larvale habitats van steekmuggen ongeschikt zijn voor kolonisatie door (potentiële) predatoren (rovers) als gevolg van zeer wisselende milieuomstandigheden kunnen hoge dichtheden aan steekmuggen en daarmee plagen ontstaan. Predatoren van larven van steekmuggen zijn vissen, amfibieën, waterinsecten (rovers als kevers, libellen en wantsen) en vogels (bijvoorbeeld de witte kwikstaart). Steekmugpopulaties kunnen op plaatsen zonder predatoren grote dichtheden bereiken. Er zijn gevallen bekend waarbij populaties tot meer dan 50.000 larven per vierkante meter uitgroeiden. Naar schatting kunnen circa 113.000.000 eieren per 0.4 hectare moerasland worden afgezet. Echter is de sterfte van de larven tijdens de aquatische stadia hoog. Het opdrogen van het habitat is hiervan de belangrijkste oorzaak.

De weersomstandigheden in een jaar in samenhang met de locale terreingesteldheid bepalen in hoeverre een steekmugplaag kan ontstaan. Daarbij wordt aangenomen dat de oorspronkelijke populatie enkele jaren nodig heeft om uit te groeien tot een plaagvormende populatie. Dit geldt in het bijzonder voor de soorten die hun eieren semi-aquatisch of terrestrisch afzetten. In natte zomers blijven adulten langer leven, zodat voorjaarssoorten ook nog in de zomer worden aangetroffen. Afhankelijk van de weersomstandigheden en van de soort varieert het aantal generaties in een jaar van één tot meer. De watermassa van het larvale habitat is in de regel beperkend (opdroging). In ondiepe wateren bereikt de temperatuur snel hoge waarden, waardoor de groei van de larven versneld kan worden en er meerdere generaties achter elkaar tot ontwikkeling kunnen komen. In de gematigde zone zijn de soorten van het geslacht *Aedes* de belangrijkste plaagvormende steekmuggen, alhoewel plaatselijk ook soorten van de geslachten *Culex* en *Culiseta* tot hoge dichtheden kunnen uitgroeien.

Om te begrijpen hoe een steekmuggenplaag ontstaat is kennis nodig omtrent de relatie tussen het milieu en de ecologie van de veroorzakende soort(en) en wel van elk stadium: ei, larf, pop en adult. Voor de vorming van een *Aedes*-plaag is onder andere van belang op welke hoogte boven de waterlijn de eieren zijn afgezet. Een hogere waterstand leidt tot ei-afzetting op een hoger niveau. Dit heeft tot gevolg dat in droge jaren de eieren niet door het water worden bereikt. Het voorkomen van eventuele opeenvolgende *Aedes*-generaties is afhankelijk van tussentijdse wisselingen in de waterstand; het aantal wisselingen en de mate daarvan (wat afhankelijk is van de hoeveelheid en verdeling van de neerslag) bepalen, afhankelijk van de soort, het aantal generaties. Over het algemeen blijkt dat de eerste (voorjaars)generatie de hoogste dichtheden oplevert, hetgeen samenhangt met de hydrologisch natte situatie in het voorjaar, die doorgaans aanzienlijk van de drogere zomersituatie verschilt.

Hoge dichtheden van *Culex* en *Culiseta* soorten treden veelal alleen op tijdens extreem natte zomerperioden of in nieuw gevormde wateren.

De aanwezigheid van predatoren in een permanent water of een permanent water in verbinding met een relatief klein tijdelijk water voorkomt een overmatige toename van de steekmugpopulatie. Naast de predatie op steekmuglarven kan ook predatie optreden op volwassen steekmuggen. Roofvliegen prederen op uitvliegende adulten, en spinnen en vogels (bijvoorbeeld zwaluwen) op adulten. Het is echter niet waarschijnlijk dat dergelijke predatie in belangrijke mate invloed heeft op de omvang van de plaag.

Naast een geschikt leefmilieu en een geringe predatordichtheid is ook een voldoende groot voedselaanbod voor de steekmuglarven van belang. Het voedselaanbod voor steekmuggen en knutten kan bestaan uit dierlijke micro-organismen, algen en plantenresten. In voedselrijk en met afgestorven plantenmateriaal en blad belast water is het voedselaanbod hoger.

Tenslotte speelt de omvang van de aanvangspopulatie een rol. De omvang van de aanvangspopulatie van steekmuggen en knutten is afhankelijk van de grootte van het leefmilieu, de beschikbaarheid van het milieu (tijdsduur) en de temperatuur. Wanneer in opvolgende jaren geschikt leefmilieu optreedt, zullen bij bijvoorbeeld huissteekmuggen en malariamuggen meer vrouwtjes en bij moerassteekmuggen meer eieren de winter overleven en zal de aanvangspopulatie toenemen. Het verdere verloop is voor huissteekmuggen en malariamuggen sterk weersafhankelijk, en voor moerassteekmuggen sterk waterpeilafhankelijk.

2.2.2 Plaagvorming door knutten

Knutten kennen veelal twee perioden waarin ze massaal kunnen optreden, een voorjaarspiek (mei-juni) en een piek in de nazomer (augustus). De voorjaarspiek is een gevolg van een zekere synchronisatie van de overwinterende larven terwijl de nazomerpiek vaak tweede generaties betreft. De univoltiene soorten (soorten met één generatie per jaar) vliegen veelal van juni tot augustus, maar dit verschilt sterk per soort. Alle vrouwtjes prederen op volwassen insecten zoals vedermuggen, eendagsvliegen en andere knutten. De vrouwtjes bijten de prooi, pompen enzymen in de prooi en zuigen vervolgens de gehele opgeloste prooi-inhoud op. Soms worden tijdens de paring ook de mannetjes gedood en leeggezogen. Daarnaast zuigen sommige soorten bloed. De vrouwtjes die bloed zuigen doen dit om hun eiwitvoorraad aan te vullen, soms al voor de eerste leg, anders pas bij de tweede of latere leg. Bloed kan van mensen maar ook van andere gewervelden (inclusief kikkers) gezogen worden. De bloedzuigende soorten brengen vaak ziekten (virussen, protozoa, draadwormen) over (Linley 1985). Knutten zijn onder andere verantwoordelijk voor de verspreiding van de ziekte blauwtong onder herkauwers. In augustus 2006 openbaarde deze ziekte, die normaal in warme streken voorkomt, zich bij Nederlandse schapen.

2.2.3 Gebiedstypen en plaagvorming

De in paragraaf 2.1.2 beschreven risicobepalende factoren en processen die een rol spelen bij 'overlast' door steekmuggen en knutten hangen sterk samen met veel voorkomende gebiedstypen. Per gebiedstype zijn hierna deze risicobepalende factoren en processen benoemd:

2.1.1.1.11 Open water

Op basis van de waterdiepte en hydrologische isolatie zijn de volgende subtypen open oppervlaktewateren te onderscheiden:

- Diepe oppervlaktewateren (waterdiepte > 0.8 m), eventueel permanent in open verbinding met grotere wateren (boezem of plas).
- Diepe hydrologisch geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte > 0.8 m) die gevoed worden door regenwater, grondwater of waterinlaat.
- Ondiepe geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte < 0.8 m).
- Ondiepe oppervlaktewateren (waterdiepte < 0.8 m), permanent in open verbinding met grotere wateren (boezem of plas).

In open oppervlaktewateren kan het peil constant of wisselend zijn en zijn de risicobepalende factoren en processen: permanentie, waterbeweging, temperatuur, eutrofiëring en verlanding.

2.1.1.1.12 Oeverzone van open water

De oeverzone van open water kan meer of minder ondiep zijn en kan onderverdeeld worden naar:

- a) Omgekeerd peil (zomer hoog, winter laag).
- b) Natuurlijk peil (winter hoog, zomer laag).
- c) Constant peil.

De risicobepalende factoren zijn oeverreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

2.1.1.1.13 Moeras

Het moeras betreft terreinen met een groot aandeel semi-permanente oppervlaktewater en een zompige ondergrond. Het betreft gebieden waar tijdens perioden met veel neerslag, hoge grondwaterstand, kweldruk in combinatie met terreinreliëf langdurig water kan blijven staan. In het moeras zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot grondwater en bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

2.1.1.1.14 Plas-dras situatie

De plas-dras situaties zijn feitelijk vergelijkbaar met moerassen maar hebben een stevige ondergrond. Ze kunnen onderverdeeld worden naar waterstandwisseling:

- a) Omgekeerd peil (zomer hoog, winter laag).

Deze plas-dras situaties met een wisselende waterstand kenmerken zich door het in de zomer tijdelijk in verbinding staan met permanente oppervlaktewateren zoals een plas of sloot. Een dergelijke vernatting kan ertoe leiden dat delen van het plas-dras gebied, na peilverlaging, geïsoleerd komen te liggen. Hierbij ontstaan in de zomersituaties tijdelijk geïsoleerde ondiepe watertjes. In deze geïsoleerde plas-dras situaties zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

b) Natuurlijk peil (winter hoog, zomer laag).

Deze plas-dras situaties met een wisselende waterstand kenmerken zich door het in de winter en het vroege voorjaar tijdelijk in verbinding staan met permanente oppervlaktewateren zoals een plas of sloot. Een dergelijke vernatting kan ertoe leiden dat delen van het plas-dras gebied, na peilverlaging in het late voorjaar, geïsoleerd komen te liggen. Hierbij ontstaan tijdelijk geïsoleerde ondiepe voorjaarswatertjes. In deze geïsoleerde plas-dras situaties zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandsverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

c) Constant peil.

Deze plas-dras situaties kenmerken zich door een constante waterstand in het in verbinding staande permanente oppervlaktewater zoals een plas of sloot. Een dergelijke constantie zorgt ervoor dat de plas-dras situaties, ondanks de geïsoleerde ligging, niet snel indrogen. De risicobepalende factoren zijn terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

2.1.1.1.15 Grasland

In het veenweidegebied is het onderscheid tussen droge, vochtige en natte graslanden nauwelijks van belang. Het vochtvasthoudend vermogen van de bodem is zodanig dat het voor de larven van de knutten geen verschil maakt. De risicobepalende factoren zijn vochthuishouding in relatie tot bodemopbouw, temperatuur en eutrofiëring.

2.1.1.1.16 Bebouwde omgeving

De bebouwde of urbane omgeving omvat woonhuizen, boerderijen en hun directe omgeving. Juist voor steekmuggen en knutten speelt de bebouwde omgeving een belangrijke rol. Veel tijdelijke restwatertjes blijven op en rondom bebouwing achter en fungeren zo als een tijdelijk watermilieu dat uitermate geschikt is voor steekmuggen. Vochtige graslanden zijn uitermate geschikt voor de culicoïde knutten. Onderscheid kan gemaakt worden in:

a) Permanent water met zoninval, zoals vijvers, drinkpoelen en bassins.

Deze permanente wateren zijn vergelijkbaar met ondiep open water mits het niet, zoals soms bij bassins het geval is, regelmatig droogvalt of wordt leeggepompt.

b) Permanent van licht afgesloten water zoals regentonnen, ondergrondse bergingen en kruipruimten.

Het ontbreken van licht verhindert de ontwikkeling van een watersysteem met daarin rovers en andere organismen. Het is een biologisch relatief 'leeg' maar permanent oppervlaktewater.

c) Tijdelijk water

De tijdelijke oppervlaktewateren omvatten droogvallende kunstmatige waterpartijen zoals die ontstaan in oude badkuipen en drinkbakken. Het peil is sterk wisselend en er treedt op onregelmatige tijden droogval op.

d) Onvoorzien water

De onvoorziene oppervlaktewateren betreffen zeer kleine tot grotere waterpartijen die vaak na perioden met neerslag ontstaan in bijvoorbeeld autobanden, bloembakken,

emmers, speciekuipen, jampotjes, verstopte dakgoten, slecht afwaterende platte daken, depressie in afdekplastics, enz.

2.2.4 Risicosleutel

Op basis van de in de voorgaande paragrafen beschreven bouwstenen is een sleutel die ingezet kan worden bij een risicoanalyse ontwikkeld (Tabel 4). Deze sleutel kan helpen bij het inschatten van het risico op het ontstaan van steekmuggen- en knuttenplagen. Naast de nu in Nederland aanwezige soorten zijn voor de vergelijkbaarheid ook de in de nabije toekomst te verwachten boomholtesteekmuggen opgenomen.

Tabel 4. Risicoanalysesleutel (+/0/- zie Tabel 3, ? = onbekend, - = n.v.t., > 10 dagen = meer dan 10 dagen waterhoudend, > 5 dagen = meer dan 5 dagen waterhoudend, < 5 dagen = minder dan 5 dagen waterhoudend).

type	oppervlaktewater	peil	voedsel- rijkdom	risico				boomholte- steekmug ¹
				huissteekmug	moerassteekmug	malariamug	knut	
open water (geïsoleerd, bv. petgat)	diep	constant of wisselend	matig	-	-	-	0/+?	-
			rijk	-	-	-	0/+?	-
	ondiep	constant of wisselend	matig	-	-	++	0/+?	-
			rijk	-	-	+++	0/+?	-
open water (niet geïsoleerd, bv. kanaal, vaart, boezemwater)	diep	constant of wisselend	matig	-	-	-	0/+?	-
			rijk	-	-	-	0/+?	-
	ondiep	constant of wisselend	matig	-	-	++	0/+?	-
			rijk	-	-	+++	0/+?	-
oeverzone	diep of ondiep (winter laag, zomer hoog)	wisselend (bergingmoeras)	matig	++ (zomer >10 dagen)	-	++	0/+?	- (zomer <5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	+++	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
	diep of ondiep (zomer laag, winter hoog)	wisselend (bergingzone)	matig	+ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	0/+	0/+?	- (zomer <5 dagen)
			rijk	++ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	+	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
	diep of ondiep	constant (natte natuur s.s.)	matig	-	-	0/+	0/+?	-
			rijk	-	-	+	0/+?	-
moeras (zompige ondergrond, bv.	ja	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
	(winter laag, zomer hoog)	(bergingmoeras)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0/+	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
	ja	wisselend	matig	+ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)

type	oppervlaktewater	peil	voedsel- rijkdom	risico				boomholte- steekmug ¹
				huissteekmug	moerassteekmug	malariamug	knut	
trilveen, moeras)	(zomer laag, winter hoog)	(bergingmoeras)	rijk	++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
	ja	constant (natuurmoeras: op of net onder maaiveld)	matig	0/+	0/+	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
			rijk	0/+	0/+	-	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
plas-dras (stevige ondergrond, bv, dotterbloemgrasland van veen en klei, natte strooiselruigte, wilgenstruweel)	ja	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	-	+	0 (zomer >5 dagen)
	(winter laag, zomer hoog)	(bergingmoeras)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0/+	++?	+ (zomer >5 dagen)
	ja	wisselend	matig	+ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	-	+	0 (zomer >5 dagen)
	(zomer laag, winter hoog)	(bergingzone)	rijk	++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	++?	+ (zomer >5 dagen)
	ja	constant	matig	0/+	0/+	-	+	0 (zomer >5 dagen)
		(natte natuur s.s.)	rijk	0/+	0/+	-	++?	+ (zomer >5 dagen)
grasland (veen, klei; bv. nat schraalland, bloemrijk grasland van het zand en veengebied, bloemrijk grasland van het klei gebied, nat matig voedselrijk grasland)	nee	hoog	matig	-	-	-	++?	-
	nee	matig/laag (vochtvasthoudende grond)	rijk	-	-	-	+++	-
			matig	-	-	-	++?	-
	ja (geïndeerd vanuit aangrenzend oppervlaktewater)	hoog	rijk	-	-	-	+++	-
			matig	++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0	+	-
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	+++	-
grasland)	ja	matig/laag	matig	+ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	-	+	-

type	oppervlaktewater	peil	voedsel- rijkdom	risico				boomholte- steekmug ¹
				huissteekmug	moerassteekmug	malariamug	knut	
	(bv. regenplassen)	(vochtvasthoudende grond)	rijk	++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0	+++?	-
bebouwde omgeving (situatie rondom huizen en boerderijen)	permanent water	wisselend	matig	++ (zomer >10 dagen)	-	0	0/+?	++ (zomer >5 dagen)
	(vijver, bassin)	(berging)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	0/+	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	permanent water	wisselend/constant	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(regenton, kruipgat)	(afgesloten van daglicht)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	tijdelijk water	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(drinkbak, kuip, enz.)		rijk	++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	++ (zomer >5 dagen)
	onvoorzien water	zeer wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(schalen, potjes, blikjes, emmers, autobanden, plastic bedekking, enz.)		rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
begroeiingstype	begroeiingstype			adulten	adulten	adulten	adulten	
	kaal			-	-	-	-	-
	korte vegetatie			-	-	-	-	-
	opgaande kruidige en ruigtevegetatie				+++	+++	+++	+++
	struikachtige vegetatie			+++	+++	+++	+++	+++
	bos met ruigte /struikondergroei				+++	+++	+++	+++
	open bos			0	0	0	0	0

1 : voor de risico inschatting van de leefmilieus oever, plas-dras en moeras wordt uitgegaan dat de microhabitat (kleine putjes) tijdelijk water bevatten en dat ingevallen blad aanwezig is. Echter de bijdrage van deze leefmilieus aan de ontwikkeling van de boomholtesteekmuggen is vooralsnog onzeker.

2.3 Ziekten

Een infectieziekte die op natuurlijke wijze kan worden overgedragen van gewervelde dieren op mensen wordt een zoönose genoemd. Meestal fungeren de gewervelde dieren als reservoir (= drager van de ziektekiem) en wordt de infectie door een tussengastheer overgedragen. Geleedpotigen (arthropoden) en met name steekmuggen vormen een belangrijke groep van tussengastheren (Giessen et al., 2004). Betreft de infectie een virus en wordt deze door geleedpotige overgebracht dan betreft het een zogenaamd arbovirus. Daarnaast is de overdracht van de eencellige parasiet van het geslacht *Plasmodium*, de veroorzaker van malaria, voor Nederland uit historisch oogpunt van belang. Naast virussen kunnen ook bacteriën, protozoa of wormen worden overgedragen (Lundstrom, 1999). Op deze laatste groepen wordt wegens een het geringe risico niet nader ingegaan.

Ten aanzien van de dierziekten krijgt het recent opgedoken blauwtong extra aandacht.

2.3.1 Arbovirussen

Verschillende in West-Europa voorkomende en door steekmuggen overgebrachte arbovirussen behoren tot de families van de Bunyaviridae, Flaviviridae en Togaviridae. Deze arbovirussen zijn in steekmuggen gevonden en kunnen voor de mens maar ook voor andere gewervelden ziekteverwekkend zijn. Deze virussen komen voor, wanneer de tussengastheer een steekmug betreft, in een *Aedes*-zoogdier, *Anopheles*-zoogdier of *Culex*-vogel overdrachtscyclus (Lundstrom, 1999). De ziekteverwekker brengt namelijk een deel van zijn levenscyclus in de koudbloedige gastheer (zoals de steekmug) door. Als een besmette steekmug bloed zuigt bij een dier of mens, komt het virus in de bloedbaan terecht. Geïnfecteerde mensen nemen veelal niet deel aan deze cycli. Er zijn echter ook ziekten waarbij de mens als reservoir optreedt, bijvoorbeeld de *Aedes*-mens cyclus.

In het algemeen kan er onderscheid worden gemaakt tussen:

- *infecties die van oudsher in Europa voorkomen en ziekteverwekkend zijn bij de mens*

Jaenson (1990) noemt voor Europa de overdracht van de virussen Inkoo, Tahyna, Batai en Sindbis. WHO (2004) noemt de volgende in Europa aanwezige virussen: West-Nijl, Batai, Ockelbo, Inkoo, Tahyna en Dengue (knokkelkoorts: laatste rapportage 1928 Griekenland). Medlock et al. (2007) noemen negen arbovirussen waaronder West-Nijl, Sindbis en Tahyna. In Groot-Brittannië zijn bij vogels antilichamen tegen de virussen Sindbis, Tahyna, Usutu en West Nijl aangetroffen (Medlock et al. 2005). Hubálek (2007) beschrijft 11 in Europa voorkomende virussen die door steekmuggen op de mens kunnen worden overgebracht en waarvan er zes van oudsher in Europa voorkomen (Sindbis, West-Nijl, Tahyna, Snowshoe hare (=poolhaas), Inkoo en Batai).

Relevant als ziekteverwekker zijn West-Nijl en Dengue.

- *infecties die in Europa voorkomen maar niet ziekteverwekkend zijn voor de mens maar wel voor andere gewervelden*

Hubálek (2007) noemt twee aan vogels gebonden virussen die geen ziekten bij de mens veroorzaken (Lednice- en Usutuvirus). Daarnaast is hier recent de door knutten overgedragen ziekte blauwtong bijgekomen.

In Tabel 5 is getracht het bovenstaande, betreffende de in Europa relevante virussen, in een samenvattend, echter nog ten dele onvolledig, overzicht weer te geven.

Tabel 5. Overzicht van relevante virussen per familie (kolom 1), het voorkomen in Europa (kolom 2), het reservoir oftewel de dierlijke drager (kolom 3) en de tussengastheer (kolom 4). De virussen zijn in Bijlage 3 uitgebreid beschreven.

virus	inheems/exoot in west-Europa	reservoir (= drager ziektekiem)	tussengastheer (alleen de Europese genera)
Bunyavirus (Bunyaviridae) Californische encefalitis groep		knaagdieren, haasachtigen	<i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Culex</i> , <i>Culiseta</i>
Tahyna	inheems (o.a. Duitsland, Oostenrijk, Italië en Frankrijk.)	vogels, haasachtigen, knaagdieren, mensen	<i>Aedes</i> , <i>Culex</i> , <i>Culiseta</i>
Inkoo	inheems (Noord- Europa)	kleine zoogdieren	<i>Aedes</i>
Batai of Calovo	inheems	zoogdieren	<i>Anopheles</i> , <i>Aedes</i> , <i>Culex</i>
Lednice (alleen ziekteverwekkend voor vogels)	inheems	vogels	<i>Culex</i> , <i>Culiseta</i> , <i>Anopheles</i>
Togavirus (Togaviridae)			
Ockelbo	inheems/exoot	vogels, mens	<i>Aedes</i> , <i>Culex</i> , <i>Culiseta</i>
Sindbis	inheems (Amerika)	vogels, soms knaagdieren	Culicidae
Overigen			
Semliki Forest complex	inheems (Centraal en Zuid Europa)	vogels, knaagdieren	<i>Aedes</i> , <i>Culex</i> , <i>Culiseta</i>

2.3.2 Malaria

Malaria is een infectieziekte die veroorzaakt wordt door eencellige parasieten die tot het geslacht *Plasmodium* (Sporozoa) behoren. De parasiet wordt op mensen overgebracht door malariamuggen.

Malaria wordt vooral veroorzaakt door *Plasmodium falciparum*, *P. ovale*, *P. malariae* (tropische malaria) en *P. vivax* (inheemse malaria). De Nederlandse malaria werd door een bijzondere vorm van *P. vivax* veroorzaakt, namelijk een vorm met een incubatietijd van 8 maanden (Takken et al. 1999). Ter vergelijking, de tropische *P. vivax* vorm heeft een incubatietijd van 2-3 weken. In 1959 werd 'inheemse' malaria voor het laatst geconstateerd in Nederland.

De ontwikkeling en verspreiding van de parasiet verloopt ruwweg in vier fasen. De malariamug, een mug van het geslacht *Anopheles*, steekt iemand die al besmet is, en krijgt zodoende bloed met de parasiet binnen. De steekmuggen steken omdat ze bloed nodig hebben om eitjes te kunnen leggen. Malaria wordt dan ook alleen door vrouwtjesmuggen overgebracht. In de darm van de mug vermeerderd de parasiet zich zowel geslachtelijk als ongeslachtelijk en gaat ook in de speekselklieren van de mug zitten. Vervolgens steekt de mug iemand die nog niet besmet is. Hierbij worden kiemen van de parasiet in het nog niet besmette menselijke lichaam geïnjecteerd. De kiemen komen in de lever terecht, waar ze zich verder ontwikkelen. Binnen de mens deelt de parasiet zich alleen ongeslachtelijk. In een bepaalde ontwikkelingsfase komen de jonge

parasieten in het bloed terecht, waar ze de rode bloedcellen opzoeken. Daar delen ze zich, tot de bloedcel uiteenvalt of te gronde gaat, om vervolgens opnieuw rode bloedcellen binnen te dringen, waar ze zich weer delen, et cetera.

Menselijke malaria kan slechts overgebracht worden door steekmuggen van het geslacht *Anopheles*. In Europa is het aantal soorten dat malaria overbracht gering (*A. superpictus*, *A. algeriensis*, *A. claviger*, *A. plumbeus* en soorten uit het *A. maculipennis* complex met 8 Europese soorten: *atroparvus*, *beklemishevi*, *labranchiae*, *maculipennis*, *martinus*, *melanoon*, *messeae*, en *sacharovi*) (WHO 1989). Onderstreept zijn de tot op heden uit Nederland bekende soorten. In Nederland is alleen *Anopheles atroparvus* als malariavector bekend. *A. atroparvus* is geassocieerd met relatief schoon, (zwak) brak water (Seventer 1969).

Om malaria in stand te houden moeten er behalve voldoende hoeveelheden geïnfecteerde malariamuggen ook voldoende malariapatiënten aanwezig zijn. Van het laatste is, gezien de staat van de medische zorg in Nederland, nu en in de toekomst geen sprake.

Het aantal meldingen van malaria is van 569 in 2001 naar 210 in 2007 teruggelopen en betrof meestal besmettingen opgelopen in Ghana en Nigeria (Rahamat et al. 2008).

Takken et al. (1999) komen op basis van onderzoek in Zuid-Holland tot de conclusie dat terugkeer van malaria in Nederland onwaarschijnlijk is. De redenen hiervoor zijn een lage dichtheid van *A. atroparvus* (vooral voldoende hoge dichtheden in het najaar), het gebrek aan geschikte brakke wateren en de afwezigheid van geschikte winterrustplaatsen voor de volwassen vrouwtjes. Stallen staan los van de woonhuizen en zijn goed geventileerd, waardoor er weinig donkere, vochtige schuilplaatsen beschikbaar zijn. Momenteel zijn deze condities niet gewijzigd en ook vernattingsprojecten zullen dit niet veranderen.

2.3.3 Blauwtong

In de tweede helft van 2006 trad een uitbraak van blauwtong bij schapen en runderen op in Noord-Europa (België, Frankrijk, Luxemburg, Nederland, Duitsland). De ziekte is vernoemd naar één van de symptomen, namelijk de blauwe tong die dieren kunnen krijgen. Deze verkleuring wordt veroorzaakt door cyanose. Naast schapen kunnen ook rundvee, geiten, dromedarissen, buffels en wilde herkauwers besmet worden met het blauwtongvirus. Blauwtong is niet overdraagbaar op mensen en vormt dus geen bedreiging voor de mens. Het blauwtongvirus wordt, voorzover bekend, verspreid door knutten van het geslacht *Culicoides*. Tot op heden zijn in onze streken 5 soorten als mogelijke vector geïdentificeerd (*C. imicola*, *C. dewulfi*, *C. obsoletus*, *C. scoticus*, *C. pulicaris* s.s.). in de literatuur worden veel meer soorten als vector aangemerkt. De ontwikkelingen in de nabije toekomst zijn moeilijk te duiden. De mogelijkheid bestaat dat nog andere blauwtongvirustypen Nederland bereiken.

2.4 Huidige situatie

2.4.1 Gebiedstypen in het Groene Hart

In de laagveenregio van West Nederland liggen in de huidige situatie een aantal bebouwde en agrarische gebiedstypen die geschikt zijn voor de ontwikkeling van steekmuggen en knutten (Tabel 6).

Tabel 6. Voor steekmuggen en knutten relevante gebiedstypen in laag-Nederland.

hoofdgebiedstype	gebiedstype
geïsoleerd open water	diep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
	ondiep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
niet-geïsoleerd open water	diep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
	ondiep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
oeverzone	bergingsmoeras: diep of ondiep met wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingszone: diep of ondiep met wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natte natuur: diep of ondiep met constant peil, matig of voedselrijk
moeras	bergingsmoeras: zompige ondergrond, wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingsmoeras: zompige ondergrond, wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natuurpleas: zompige ondergrond, constant peil, matig of voedselrijk
plas-dras	bergingsmoeras: stevige ondergrond, wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingsmoeras: stevige ondergrond, wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natuurpleas: stevige ondergrond, constant peil, matig of voedselrijk
grasland	geen oppervlaktewater, hoge grondwaterstand, matig of voedselrijk
	geen oppervlaktewater, matig-lage grondwaterstand, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, hoge grondwaterstand, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, matig-lage grondwaterstand, matig of voedselrijk
bebouwde omgeving	bergingswater: permanent oppervlaktewater, wisselend peil, matig of voedselrijk
	permanent oppervlaktewater, wisselend of constant peil, afgesloten van daglicht, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, wisselend peil, matig of voedselrijk
	onvoorzien oppervlaktewater, zeer sterk wisselend peil, matig of voedselrijk
begroeiing	kaal
	kort
	opgaand, ruigte
	struiken
	bos met ondergroei
	bos zonder ondergroei

Voor de natuurgebieden in deze regio zijn de natuurdoeltypen bekend en deze typen zijn goed te koppelen aan de voor steekmuggen en knutten relevante gebiedstypen (Tabel 7).

Tabel 7. Koppeling van natuurdoeltypen en gebiedstypen.

natuurdoeltype	gebiedstype
<i>Grasland en klein open water</i>	
trilveen	moeras
nat schraalland	grasland
dotterbloemgrasland van veen en klei	plas-dras
bloemrijk grasland van het zand en veengebied	grasland
bloemrijk grasland van het klei gebied	grasland
nat matig voedselrijk grasland	grasland
<i>Moeras, struweel en groot open water</i>	
moeras	moeras
natte strooiselruigte	plas-dras
wilgenstruweel	plas-dras
kanaal, vaart en boezemwater	open water
petgat	open water

Het voert binnen dit kader te ver om voor het Groene Hart een locatiespecifieke risicoanalyse uit te voeren. Echter met de identificatie van de huidige gebiedstypen en de risicoanalyse in Tabel 5 zou het wel mogelijk zijn dergelijke locatiespecifieke uitspraken te doen.

2.4.2 Kennis van verspreiding en overlast van steekmuggen en knutten in Nederland

De steekmuggen zijn een weinig bestudeerde familie van insecten in Nederland. De belangrijkste onderzoeken dateren uit de eerste helft van de vorige eeuw en waren gericht op de malariamug en haar bestrijding. Het verdwijnen van malaria uit Nederland in de jaren vijftig van de vorige eeuw liet zien dat de hoge dichtheden aan malariamuggen sterk terugliepen als gevolg van de toepassing van insecticiden, de vermindering van het aantal varkens- en paardenstallen (potentiële overwinteringsplaatsen), een dichtere kroosgroei (eutrofiëring werkt negatief in op de larvale habitats), het mechanisch schonen van slootoevers, het verdwijnen van sloten door verstedelijking en het gebruik van anionische detergenten. Opvallend was dat de ontzilting pas na de teruggang van de malariamug optrad (Seventer 1969). Over aantallen larven in de aquatische milieus is niets bekend. Wel spreekt Swellengrebel (1937) van dichtheden van volwassen malariamuggen in de orde van >1000 per stal. Bij een vergelijkend onderzoek in hoogveenrestanten in Nederland troffen Verdonshot et al. (1988) >100 larven per appelmoeszeef schep over een lengte van 20 cm water aan in delen van het Korenburgerveen, de Goote Peel en de Mariapeel. Meer gekwantificeerd zijn met dezelfde methode in 1987 tot 238 *Culex*-larven aangetroffen in Nieuw-Velp Zuid (Schmidt & ten Cate 1989) en in 1997 zijn tot 1460 *Aedes*-larven aangetroffen in de Starnumanbossen (van den Hoek 1998). In de Engbertsdijkerven zijn tot 207 *Aedes*-larven per schep aangetroffen (Verdonshot et al. 1988). De onderzoeken naar het optreden van steekmuggenplagen in alle genoemde gebieden en het recente onderzoek naar de plaag op Schiermonnikoog (Verdonshot 2008) komen in zoverre allen overeen in het feit dat de waarnemingen aan aantallen steeds na de plaag zijn verricht. Tijdens de piek van de steekmuggenplaag in de

Engbertsdijksvenen zijn circa 165 volwassen vrouwtjes per 10 minuten met de 'human bait' techniek gevangen. Met de emergentievallen zijn in 1988 (Schmidt & van Haren 1988) tot circa 12400 individuen per m² gevangen. Een landelijk overzicht van het voorkomen van steekmuggen en kennis over achtergrondaantallen ontbreken.

De knutten zijn wat de larvale stadia betreft een niet bestudeerde groep van insecten in Nederland. Ook de aandacht voor de volwassen dieren is schaars, behalve recente onderzoeken in verband met de uitbraken van blauwtong. Op dit moment ontbreekt zowel de taxonomische, geografische en ecologische kennis om met enige zekerheid uitspraken over de knutten te doen.

2.4.3 Kennis van steekmuggen en knutten in het Groene Hart

In de eco-atlas van de Nederlandse waterorganismen (Stowa 1997) is slechts 1 soort steekmug opgenomen, namelijk *Culex pipiens*, en geen knutten. De opgaven van *Culex pipiens* omvatten slechts 1 vindplaats in het Groene Hart. Gezien het veelvuldig voorkomen van deze en andere soorten blijkt dat de routinematige monitoring uitgevoerd door de regionale waterbeheerders onvoldoende is om een beeld op te bouwen van de eventuele aanwezigheid en dichtheden van steekmuggen en knutten.

In de Macrofauna-atlas van Noord-Holland (Steenbergen 1993) staat 1 vindplaats van het genus *Aedes* met > 90 exemplaren per monster, circa 35 vindplaatsen van *Anopheles* met altijd 1-12 (1 maal 13-90) exemplaren, 2 vindplaatsen met 1-12 exemplaren van *Coquillettidia*, 4 vindplaatsen met 1-12 exemplaren en 1 vindplaats met >90 exemplaren van *Culex* en tenslotte 1 vindplaats met 1-12 exemplaren en 1 vindplaats met 13-90 exemplaren van *Culiseta*. Daarnaast zijn een zeer hoog aantal vindplaatsen met een variabel aantal exemplaren van de Ceratopogonidae (knutten) als familie vermeld. De informatie betreft het voorjaars- en zomermonster per vindplaats van 1 jaar. De meer intensieve inventarisatie waarop de macrofauna-atlas is gebaseerd heeft waarschijnlijk voor de genera *Anopheles* en *Coquillettidia* en de familie van Ceratopogonidae een iets beter beeld opgeleverd. Echter ook deze inventarisatie betrof bemonsteringen van grotere open oppervlaktewateren en geen moeras of plas-dras situaties. Het geeft wel aan dat alle eerder genoemde steekmuggen en knutten nu al in het Groene Hart voorkomen.

3 Autonome ontwikkeling met klimaatverandering

3.1 Klimaatverandering in Nederland

Het wereldklimaat is in de loop van de 20e eeuw veranderd. De wereldgemiddelde luchttemperatuur aan het aardoppervlak is sinds 1860 met ongeveer 0,6°C toegenomen. Zo'n sterke, snelle opwarming is de laatste duizend jaar waarschijnlijk niet eerder voorgekomen.

Het IPCC geeft in haar derde rapport (2001) een redelijk betrouwbare voorspelling voor de temperatuur gemiddeld over de gehele aarde voor de komende eeuw. Zonder klimaatbeleidsmaatregelen verwacht het IPCC voor de komende eeuw:

- een stijging van de wereldtemperatuur met 1.4 tot 5.8°C;
- een toename van de hevigheid van regenbuien.

Op basis van dit IPCC rapport heeft het KNMI drie klimaatscenario's opgesteld. De verwachte effecten op het weer zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8. KNMI klimaatscenario's voor Nederland in 2100 op basis van het derde IPCC rapport (KNMI 2003). Het jaarlijks maximum van de 10-daagse neerslagsom geeft een indruk van de hevigheid van de extreme neerslag. De herhalingsstijd van de 10-daagse winterneerslagsom geeft een indruk van de kans op extreme neerslag.

	lage schatting	centrale schatting	hoge schatting
temperatuur	+ 1 °C	+ 2 °C	+ 4 tot 6 °C
gemiddelde zomerneerslag	+ 1 %	+ 2 %	+ 4 %
zomerverdamping	+ 4 %	+ 8 %	+ 16 %
gemiddelde winterneerslag	+ 6 %	+ 12 %	+ 25 %
jaarlijks maximum 10-daagse winterneerslagsom	+ 10 %	+ 20 %	+ 40 %
herhalingsstijd van 10-daagse som die nu eens per eeuw voorkomt	47 jaar	25 jaar	9 jaar
zeespiegelstijging	+ 20 cm	+ 60 cm	+ 110 cm

Het KNMI stelde in 2003 dat een stijging van de wereldgemiddelde temperatuur met 1.4 tot 5.8 graden in honderd jaar waarschijnlijk in de afgelopen tienduizend jaar niet eerder is voorgekomen. De rekenmodellen van de atmosfeer zijn echter nog niet goed in staat om regionale klimaatvoorspellingen te doen, dus we kunnen daarover weinig met zekerheid zeggen. Een mogelijk scenario voor Nederland voor de rest van de 21^e eeuw schetst het KNMI in zijn derde klimaatrapportage (1999):

- stijging van de temperatuur vergelijkbaar met die van het wereldgemiddelde,
- verkorting van de duur van strenge winters,
- meer neerslag in de winter (6% per graad Celcius) met toename van enkele procenten per graad warmer,
- intensievere regen in situaties met langdurige hevige winterneerslag,
- zwaardere buien in de zomer .

In het klimaatrapport van 2003 stelt het KNMI (2003) verder:

- een toename van de kans op perioden met extreme neerslag;

- een vergroting van de kans op natte jaren;
- een kleine toename van de gemiddelde zomerneerslag (1% per graad Celcius) met tegelijk een sterkere toename van de verdamping in de zomer, met grotere kans op verdroging;
- een toename van de kans op lokale wateroverlast, ook in de zomer als gevolg van de toename van de kans op hevige lokale buien.

Het is opmerkelijk dat recente jaren (1995, 1997, 1998, 2001, 2002, 2006 en 2007) in ieder geval de warmste jaren waren sinds 1860 en waarschijnlijk zelfs in de afgelopen duizend jaar (KNMI 2003). Daarbij zijn de jaren 2006 en 2007 de warmste sinds het begin van de Nederlandse metingen in 1706 geweest (KNMI 2008). In de laatste 20 jaar van de 20^e eeuw was de gemiddelde wintertemperatuur in de Bilt 3.3°C, hetgeen beduidend hoger is dan het langjarig gemiddelde van 2.5°C over de periode 1881-2000. Door de temperatuurstijging is de bedekking van de aarde met sneeuw en ijs afgenomen. De hoeveelheid neerslag op gematigde en hogere breedten is toegenomen. De neerslag vertoonde van 2003 tot 2007 net als in andere perioden een grote variabiliteit. In de afgelopen vijf jaar zijn 2004 en 2007 nat geweest, terwijl 2003 een droog jaar was. De jaren 2005 en 2006 waren gemiddeld (KNMI 2008). Uit waarnemingen van de vegetatie blijkt dat wereldwijd de lengte van het groeiseizoen is toegenomen. Al deze feiten wijzen op een opwarming van het wereldwijde klimaat.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), opererend onder de vlag van het United Nations Environment Program (UNEP) en van de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO), stelt dat het zeer waarschijnlijk is dat een deel van de opwarming sinds de tweede helft van de twintigste eeuw door menselijk handelen is veroorzaakt. Sterker nog, waarschijnlijk komt het merendeel van de opwarming op rekening van de mens. De uitstoot van broeikasgassen, zoals CO₂, maar ook andere gassen zoals methaan en lachgas, versterken het natuurlijke broeikaseffect, waardoor de aarde opwarmt.

Recent onderzoek van het KNMI geeft aan dat de opmerkelijk warme periode aan het eind van de twintigste eeuw in Nederland deels samenhangt met de wereldwijde opwarming. Ongeveer de helft van de opwarming sinds de jaren '60 kan hiermee verklaard worden, de andere helft hangt samen met de grilligheid van het Nederlandse klimaat. Nederland is sinds 1950 twee keer zo snel opgewarmd als de wereldgemiddelde temperatuur. De temperaturen van herfst 2006, winter 2007 en voorjaar 2007 zijn - zelfs als we rekening houden met de snellere opwarming van Nederland - uitzonderlijk grote afwijkingen boven de trend.

In de (late) zomer is de Nederlandse kust de laatste 5 jaren gemiddeld natter dan de rest van het land gebleken (KNMI 2008). Ook in de afgelopen zomers is een paar keer sprake geweest van overvloedige regenval en wateroverlast in kustprovincies. Naast die uitzonderlijke regenval waren er ook een paar heel droge perioden. Het warme Noordzeewater blijkt de zomerse neerslag aan de kust te kunnen versterken. Naarmate Nederland verder opwarmt, zal dat effect sterker worden. De droge zomer van 2003 was niet zo uitzonderlijk: zulke droge jaren zijn er zo af en toe in Nederland. Maar droogte zoals in het voorjaar van 2007 is nog nooit gezien. Dit leidde echter niet tot een record droge zomer, want de droge periode was al voorbij toen de zomer begon (KNMI 2008).

Door thermische uitzetting en het smelten van gletsjers en ijskappen zal de zeespiegel gaan stijgen, de IPCC verwachting ligt tussen 9 en 88 cm (vergelijk de verwachting van

het KNMI van +20-110 cm; Tabel 8). De relatieve bijdrage is ca. 75% thermische uitzetting, 35% afsmelten gletsjers, en 10% door smeltend ijs op Groenland (KNMI 2001). Doordat de oceanen maar heel langzaam in evenwicht komen met het veranderende klimaat, zal de zeespiegelstijging nog lang (eeuwen) na-ijlen, ook in de scenario's waarin de broeikasgasconcentraties zich stabiliseren.

Door de zeespiegelstijging in combinatie met de afname in rivierafvoer in de zomer, zal het zoute zeewater verder de mondingsgebieden van de rivieren indringen. Dit zal nadelige gevolgen hebben voor drinkwaterinname en landbouw. De verwachting is dat vooral de frequentie van een zout of extreem zout jaar (ver opdringende zouttong in de rivieren) zal toenemen. De duur van de periode waarin het water niet kan worden gebruikt zal verdubbelen (MNP 2005). Door de zeespiegelstijging zal ook de zoute kweldruk toenemen, dit is vooral een probleem in diepe polders in het westen van het land.

De klimaatprojecties in het Rijnstroomgebied impliceren een toename van de gemiddelde afvoer van de Rijn in de winter, en een afname in de zomer. De grotere afvoer in de winter geeft kans op overstromingen. De afname in de zomer kan leiden tot een afname in waterkwaliteit, vooral in systemen waarop effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties geloosd wordt (Senhorst & Zwolsman 2005).

De klimaatveranderingen zullen ook gevolgen hebben voor het landgebruik. Hogere temperaturen, nattere winters en drogere zomers zullen leiden tot wijzigingen in ruimtelijke ordening, grondgebruik en gewasteelten.

3.2 Gevolgen klimaatverandering voor steekmuggen en knutten

Samenvattend uit zich klimaatverandering in Nederland in:

- een temperatuurstijging van 4 tot 6°C over de komende 100 jaar
- een intensivering van de neerslag in de winter
- langere droge perioden in de zomer
- meer en meer langdurige extreme zomerbuien
- verzilting in de kustgebieden
- grotere kans op overstromingen
- versterking van de eutrofiëring
- wijzigingen in landgebruik

2.1.1.1.17 Opwarming

Het warmere klimaat leidt bij alle steekmuggen tot een verkorting van de levenscyclus. De soorten met meerdere generaties per jaar kunnen ook meerdere cycli voltooien. Dit leidt tot verhoging van de aantallen, vooral aan het einde van de zomer.

De warmere klimaatomstandigheden dragen daarnaast bij aan een verhoogde kans op vestiging van nieuwe zuidelijke soorten, zoals de tijgermug, in Nederland. Dergelijke generieke processen staan los van de vernattingsopgaven.

2.1.1.1.18 Winterneerslag

Een verhoging van de neerslag in de winter leidt tot vernatting van veel gebiedstypen in het (vroeg) voorjaar. Dit leidt tot vergroting van het areaal waar vooral moerassteekmuggen gebruik van maken.

2.1.1.1.19 Zomerdroogte

In de zomer leidt verdroging van tijdelijke aquatische milieus en moerassen tot een sterke inkrimping van het zomerareaal van steekmuggen. Tegelijkertijd leidt verdroging echter tot het verdwijnen van niet alleen de steekmuggen maar ook de predatoren. Afhankelijk van de herkolonisatie mogelijkheden kan verdroging in navolgende jaren daarom juist een steekmuggenbevorderend effect hebben.

2.1.1.1.20

2.1.1.1.21 Zomerneerslag

De tijdelijke nattere zomerperioden zullen in het voordeel werken van steekmuggen, vooral van huissteekmuggen en boomholtesteckmuggen. Er worden, bij vaak hoge temperaturen, veel zeer tijdelijke natte milieus gevormd. In deze habitats kunnen huis- en boomholtesteckmuggen zich snel vermeerderen.

2.1.1.1.22 Verzilting

De verzilting kan leiden tot uitbreiding van het brakwater-areaal. Verbrakking kan leiden tot een toename van het areaal van de malariamug *Anopheles atroparvus*. Dit betekent niet dat daarmee de kans op het optreden van malaria vergroot wordt. Ten eerste vanwege het (nagenoeg) ontbreken van de parasiet en ten tweede omdat het areaal aan overwinteringsplekken laag is.

2.1.1.1.23 Overstromingen

Inundaties van beken en rivieren leiden tot het ontstaan van tijdelijke aquatische milieus. Dergelijke milieus kunnen zowel voor de in het voorjaar talrijk optredende *moerassteekmuggen* of in de zomer optredende huis- en boomholtesteckmuggen gunstig zijn. Tijdelijke overstromingsvlakten bezitten vaak een lage dichtheid aan predatoren.

2.1.1.1.24 Eutrofiëring

Klimaatverandering heeft ook gevolgen voor de nutriëntencycli in en rond oppervlaktewateren. De temperatuurtoename leidt, vooral in het voorjaar, tot een verhoging van de denitrificatie en daarmee een lagere stikstofbelasting en tot een toename van de interne fosfaatbelasting. Dit leidt weer tot een verhoging van de algenproductie. De afname van ijsbedekking leidt tot verminderde resuspensie en dus een toename van de productie. Omgekeerd leidt het ontbreken van sneeuw en smeltwater tot een vermindering van de afspoeling en daarmee tot een vermindering van de nutriëntenbelasting. Intense zomerbuien en verhoogde winterneerslag daarentegen leiden tot een verhoogde afspoeling en een vergrootte nutriëntenvracht. Het vaker optreden van zomerdroogte kan leiden tot verlenging van de verblijftijd en

veraarding (= het afbreken van het organisch of weinig materiaal in de opgedroogde bodem) van de oeverzones, en daarmee verhoging van de eutrofiëringseffecten. Samenvattend leidt klimaatverandering vaker tot versterking van de eutrofiëring en het verhoogt daarmee het voedselaanbod voor eventueel aanwezige steekmuggen.

2.1.1.1.25 Landgebruik

Klimaatverandering heeft ook een doorwerking op het landgebruik. Hoe deze doorwerking gaat verlopen is moeilijk te beschrijven. Zowel extensivering, teeltwijziging als intensivering zouden kunnen optreden. Afhankelijk van het landgebruik kunnen zowel meer als minder potentiële steekmuggenmilieus ontstaan. Wanneer het landgebruik gepaard gaat met hogere grondwaterstanden is dit van positieve invloed op de ontwikkeling van knutten.

3.3 Nieuwkomers

Naast de bestaande kennis van de in Nederland voorkomende steekmuggen zijn er enkele soorten die mogelijk als gevolg van klimaatverandering Nederland kunnen bereiken en in deze context relevant zijn, namelijk de boomholtesteekmuggen *Aedes aegypti*, *A. japonicus* (Medlock et al., 2005) en *A. albopictus* (tjigermug). Deze soorten zijn recent in Europa aangetroffen en *A. japonicus* en *A. albopictus* hebben zich succesvol gevestigd. *A. aegypti* komt in Europa alleen voor op Madeira. Het oorspronkelijke habitat van deze soorten zijn met water gevulde boomholten, vandaar dat ze aangeduid worden als boomholtesteekmuggen.

Aedes albopictus komt van nature voor van het noorden van China en Japan tot in tropisch zuid-oost Azië, de Pacific en naar het westen tot in Madagaskar. De soort is inmiddels geïntroduceerd in Noord- en Zuid-Amerika, Afrika, Australië en Europa (Albanië, Italië en Frankrijk; Eritja et al. 2005), Spanje (Aranda et al. 2006), Zuid-Zwitserland en Griekenland (Samanidou et al. 2005). Een belangrijke verspreidingsvector is het zogenaamde 'lucky bamboo' (*Dracaena spp.*); een kamerplant. In België is in 2004 melding gemaakt van een tjigermugpopulatie in een bandenopslag van een recyclingbedrijf in Oost-Vlaanderen in 2000. Het bedrijf importeerde banden uit de Verenigde Staten en Japan, waarmee de tjigermug waarschijnlijk naar Europa is gekomen. De lokale omstandigheden waren blijkbaar zo geschikt dat de tjigermug er zich wist voort te planten. De populatie is inmiddels weer verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van de lage wintertemperaturen. De uitbraak van het Aziatische Chikungunyavirus in Italië in 2007 is hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door de tjigermug na infectie van een uit India gearriveerde man. De waarnemingen in Nederland betreffen dieren meegekomen met het 'lucky bamboo'. De aantallen zijn het laatste jaar scherp gedaald en er zijn geen aanwijzingen voor vestiging van de soort in Nederland (Takken mond. med.). Het RIVM heeft onlangs een studie afgesloten waaruit blijkt dat er geen mensen met een door *A. albopictus* overgedragen pathogeen besmet geraakt zijn (Takken mond. med.).

De tjigermug (*A. albopictus*) is een boomholtebewoner die zich echter in bebouwde gebieden ontwikkelt in allerlei kleine waterpartijen zoals blikjes, autobanden, vogelbadjes, emmers en dergelijke. Een extra stimulans is aanwezig wanneer deze tijdelijke wateren ook ingewaaid en of gevallen blad bevatten, hetgeen leidt tot water

met een chemische samenstelling die vergelijkbaar is met een boomholte. De volwassen dieren houden zich in de opgaande vegetatie op. Het is een soort die zich snel aan allerlei milieus kan aanpassen. *A. albopictus* kan echter ook voorkomen in niet-bebouwde gebieden zoals kustgebieden, landbouwkundige gebieden, natuurlijke en aangeplante bossen, watergangen, wetlands enzovoorts (Eritja et al. 2005).

A. albopictus is een agressieve steekmug (30 tot 48 steken per uur; Cancrini et al. 2003) die overdag steekt (mensen, zoogdieren, vogels, reptielen, amfibieën); zowel binnen- (Novak 1992) als buitenshuis (Eritja et al. 2005). De volwassen dieren voeden zich met plantennectar (Lutz 2002). De volwassen vrouwtjes zuigen bloed. De vrouwtjes zetten droogteresistente eieren (150-250 per legsel) af boven het wateroppervlak, vooral op verticale randen van donkere ronde oppervlakken (Novak 1992). Een volwassen vrouwtje zet in totaal 1-4 legsels af (ISSG 2004). In Japan en Noord-Amerika treedt de voortplanting op van de late lente tot en met de vroege herfst. Bij regen stijgt het waterpeil en kunnen de eitjes tot ontwikkeling komen. In Rome zijn larven gevonden van maart tot november, maar actieve vrouwtjes tot december (Eritja et al. 2005). De eitjes in koudere streken zijn meer resistent tegen lagere temperaturen dan die van warme streken (Eritja et al. 2005). In de koudere streken indiceren een korte daglengte (fotoperiode) en een lagere temperatuur bij de vrouwtjes het leggen van eieren die in diapauze gaan (Hanson & Craig 1995). Risicogebieden in Europa hebben een gemiddelde wintertemperatuur van $>0^{\circ}\text{C}$, minimal 500 mm neerslag per jaar en een temperatuur van $>20^{\circ}\text{C}$ tijdens warme maanden (Eritja et al. 2005). De larven ontwikkelen zich in 5 tot 10 dagen afhankelijk van de temperatuur tot een pop. het popstadium duurt 2 dagen. De volwassen dieren hebben een kleine actieradius en ze vliegen niet bij sterke wind.

Aedes aegypti en *A. japonicus* hebben beide een zeer vergelijkbare ecologie als *A. albopictus*.

A. aegypti en *A. albopictus* treden beide als vector op voor ziekten zoals Dengue, West Nijl en Japanse encefalitis. Daarnaast zijn verspreidingen bekend van Gele koorts, Rift Valley, Chikungunya, Sindbis, Israelisch kalkoen virus, Tahyna, Batai, Jamestown Canyon, Keystone, LaCrosse, Potosi, Cache Valley en Tensaw virus en Equine encefalitis.

Aedes japonicus is afkomstig uit Azië en breidt zich momenteel uit over N. Amerika.. Er is minder bekend over de gezondheidsrisico's die deze soort kan veroorzaken, maar wordt gezien als vector voor Japanse encefalitis onder varkens. Onder experimentele omstandigheden wordt het virus ook overgedragen op muizen. Daarnaast blijkt dat het virus ook aan de volgende generatie via de eieren en larven wordt doorgegeven. *A. japonicus* kan ook optreden als tussengastheer voor West-Nijl en St. Louis encefalitis virus.

Momenteel gaat de zorg meer uit naar de komst en vestiging van de vectoren dan van het uitbreken van ziekten (med. M. Koopmans, RIVM; Takken 2008), omdat met de vestiging van deze nieuwkomers nog niet zeker is of ook de ziekteverwekkers zich gaan vestigen. De risicosleutel voor boomholtesteckmuggen is in Tabel 4 opgenomen.

3.4 Gevolgen voor de gezondheid

Met de komst van enkele nieuwe boomholtsteekmuggen zouden ook bepaalde ziekten overgebracht kunnen gaan worden. De infecties die mogelijk in Europa gaan voorkomen en ziekteverwekkend zijn bij de mens dienen echter Nederland dan ook te bereiken en levensvatbaar te blijken. Met een verschuiving van de grenzen van het tropische klimaat is het echter niet ondenkbaar dat de (sub)tropische ziekten zullen volgen. Ziekten zoals Malaria (geen virusziekte maar een parasiet), West-Nijl en Dengue, die worden overgebracht door geïnfecteerde muggen, steken steeds vaker de kop op in gebieden waar ze tot voor kort niet voor kwamen en kunnen zich naar voorheen te koude streken uitbreiden (WHO 2004). Hubálek (2007) noemt drie exotische virussen die incidenteel in Europa worden geïmporteerd (Chikungunya, Dengue en Gele koorts). Takken (mond. med.) noemt voor Nederland als nieuw en serieus te nemen virussen Chikungunya, Dengue, Phlebo (=Rift Valley), West-Nijl en Ockelbo. Takken (mond. med.) betwijfelt of Gele koorts ooit terugkeert naar Europa. *Aedes aegypti* is niet langer in Europa aanwezig en de laatste grote epidemieën waren in Spanje rond 1870. Giessen et al. (2004) noemen voor Europa: Phlebo, Gele koorts, Dengue, Japanse encephalitis, West-Nijl, Equine encephalitis (=het oostelijk, westelijk en Venezuelaans virus), Sinbis en Ross River.

Relevant als ziekteverwekker zijn in ieder geval West-Nijl, Dengue, (Chikungunya), Rift Valley en Equine encephalitis. De West-Nile virusinfectie is sinds dit jaar meldingsplichtig (Rahamat 2008).

In Tabel 9 zijn de nieuwe voor Europa relevante virussen in een samenvattend, echter nog ten dele onvolledig, overzicht weergegeven.

Tabel 9. Overzicht van relevante virussen per familie (kolom 1), nieuw in Europa (kolom 2), het reservoir oftewel de dierlijke drager (kolom 3) en de tussengastheer (kolom 4). De virussen zijn in Bijlage 3 nader beschreven.

virus	inheems/exoot in west-Europa	reservoir	tussengastheer (alleen de Europese genera)
Bunyavirus (Bunyaviridae)			
Californische encefalitis groep		knaagdieren, haasachtigen	<i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Culex</i> , <i>Culiseta</i>
La Crosse	exoot (N. Amerika)	eekhoorns	<i>Aedes triseriatus</i>
Phlebo (Rift Valley)	exoot (Afrika, Midden-Oosten)	schapen, geiten, zangvogels, kleine zoogdieren	<i>Aedes</i> , <i>Culex</i>
Snowshoe hare	exoot		
Flavivirus (Flaviviridae)			
West-Nijl	exoot/inheems (Afrika, Azië, Amerika en in Europa: Roemenië, Rusland)	vogels, mensen	<i>Culex</i> , <i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Ccoquilettidia</i>
Dengue (knokkelkoorts)	exoot (tropisch Afrika, Amerika, Azië en 1-maal endemisch in Griekenland in 1928)	apen, mensen	<i>Aedes (aegypti, albopictus)</i>

Gele koorts (Europees?)	exoot (tropisch Afrika, Z. Amerika)	apen, steekmuggen	<i>Aedes (aegypti)</i>
Japanse encephalitis	exoot (ZO Azië, Australië)	gewervelden, steekmuggen	<i>Aedes, Anopheles, Culex</i>
Usutu (alleen op dieren)	exoot/inheems		
Togavirus (Togaviridae)			
Chikungunya	exoot (tropisch Afrika, Azië)	apen, mensen	<i>Aedes</i>
Ross river	exoot (Australië, zuidelijke Pacific)	allerlei	<i>Culicidae</i>
Equine encefalitis	exoot (Amerika, Azië)	paarden, vogels	<i>Aedes, Culex</i>
Reoviridae			
blauwtongvirus (catarrhaalkkoorts)	exoot/inheems sinds 2006	herkauwers	<i>Culicoides</i>
paardenpest (Orbivirus)	exoot (Afrika, Spanje 1996)	paarden	<i>Culicoides</i>

4 Toekomstige ontwikkelingen met vernattingsopgaven

4.1 Vernattingsopgaven

In de laagveenregio van West Nederland liggen een aantal vernattingsopgaven die de komende jaren vorm gaan krijgen en waarbij herinrichting en ander beheer van land en water aan de orde zijn. Het betreft maatregelen die:

- De bodemdaling als gevolg van inklinking van de veengrond moet tegengaan.
- Het watersysteem robuuster en minder faalgevoelig maken en veilig houden.
- Meer gebiedseigen water bufferen in de regio.
- De waterkwaliteit te verbeteren (ondermeer in het kader van de KRW).
- De verdroging van belangrijke natuurgebieden structureel verminderen (TOP-gebieden).
- Nieuwe natuur aanleggen, zowel in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur als van de robuuste verbinding 'De Groene Ruggengraat'.

Bij veel van deze opgaven zal vernatting aan de orde zijn. Vernatting zal geschieden door het nemen van maatregelen:

- Het gemiddeld verhogen van slootpeilen.
- Het instellen van een ander peilregime.
- Het inrichten van nieuwe boezems.
- Het aanleggen van grasland of moeras gerelateerde natuur.

4.2 Effecten op steekmuggen en knutten

Met de realisatie van deze vernattingsopgaven zullen naar verwachting niet zozeer nieuwe gebiedstypen ontstaan, maar zullen de aandelen van de nu aanwezige gebiedstypen veranderen (zie Tabel 6). Afhankelijk van de mate van verschuiving kunnen gebiedstypen die drager zijn van bepaalde steekmuggen- en knuttenpopulaties in oppervlak toenemen of afnemen.

4.3 Vernatting en gezondheid

Om een beeld te kunnen geven van het effect van mogelijke veranderingen in de afgelopen jaren in verband met steekmuggen en knutten op de volksgezondheid en de gezondheidsrisico's spelen vier belangrijke zaken:

- De aan steekmuggen en knutten gerelateerde gezondheidsrisico's.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote risico's mee. Ziektegevallen veroorzaakt door het Sindbisvirus en ziekte en sterfgevallen veroorzaakt door het

West-Nijlvirus zijn wel aanleiding om meer kennis te verzamelen ten aanzien van de ecologie, epidemiologie en medisch belang hiervan (Lundstrom, 1999).

- De huidige en toekomstige verspreiding van vectoren.

Steekmug gerelateerde uitbraken van ziekten worden bepaald door de aanwezigheid en of import van de geschikte vector. Verschillende ecologische factoren vergroten de kans op het optreden van de ziekten:

- aanwezigheid van geschikte leefmilieus voor de betreffende steekmug(gen) en knutten, zoals wetlands, poeltjes, vochtige ruimten
- (voor het virus) geschikte zomertemperaturen
- intense neerslag in de zomer en tijdelijke overstromingen
- het voldoende talrijk aanwezig zijn van de vector (het virus)
- het aanwezig zijn van het reservoir of de gastheer (veelal vogels of zoogdieren)

Het intensiever internationale verkeer en de globale uitwisseling van goederen heeft geleid tot een vergrote verspreiding van vectoren in Europa (WHO 2004). De tijgermug *Aedes albopictus* is hiervan een goed voorbeeld van een soort die zich in Nederland kan vestigen. Dergelijke nieuwe soorten kunnen infectieziekten meebrengen of effectievere vectoren zijn voor al bestaande ziekten. Zo is de inheemse *Aedes vexans* een potentiële vector voor het Phlebovirus (WHO 2004). Introductie van het virus in Europa maakt bij aanwezig zijn van vectoren een snelle verspreiding naar ook Nederland mogelijk.

- De bijdrage van klimaatverandering aan gezondheidsrisico's (autonome ontwikkeling).

Klimaatverandering zal bijdragen aan de vergroting van het gezondheidsrisico omdat het ruimte biedt aan de vestiging van nu nog meer zuidelijk voorkomende soorten en infectieziekten. Door de globalisering en klimaatverandering is monitoring en nadere risicobeoordeling daarom noodzakelijk.

- De bijdrage van vernatting aan gezondheidsrisico's.

De relatie tussen vernatting en nieuwe ziekten of tussengastheren is moeilijk aan te geven. De tijgermug zal bijvoorbeeld veel meer het habitat van de huissteekmug bezetten. De verspreiding van voor Nederland nieuwe gastheersoorten door Europa en het bereiken van Nederland staat echter los van de vernattingopgaven. Gebieden zoals de laagveenregio van het Groene Hart in zijn huidige vorm herbergen in ruime mate gebiedstypen die bij klimaatverandering ruimte kunnen bieden aan zich in die regio nieuw vestigende gastheersoorten die drager kunnen zijn of worden van menselijke ziekten en dierziekten. Belangrijk in dit verband is de vraag in hoeverre vernattingopgaven hieraan extra zullen bijdragen. Het is wel waarschijnlijk dat vernattingopgaven waarbij met inrichting en beheer geen rekening is gehouden met het voorkomen van steekmuggen en knutten, de 'overlast' zal kunnen toenemen.

5 Mitigerende maatregelen

5.1 Inleiding

Bij het overwegen van het nemen van herinrichtings-, beheers- of bestrijdingsmaatregelen voor steekmuggen is de relatie met de levensstrategie van deze dieren van belang. Steekmuggen en knutten hebben een r-levensstrategie. Dit betekent dat zij snelle groeiers zijn met een korte levensduur, ze investeren veel energie in de reproductie en produceren veel eieren. Het broed wordt niet verzorgd, waardoor de sterfte hieronder hoog is. Deze levensstrategie is aangepast aan het leven in instabiele milieus (bijvoorbeeld pionierstadia, storingssituaties). Onder natuurlijke omstandigheden zijn steeds ontwikkelingstendensen (successie) aanwezig die de rol van r-strategen doen afnemen ten gunste van de zogenaamde K-strategen door directe wijzigingen in het biotische milieu (het optreden van concurrenten, voedsel, natuurlijke vijanden, en dergelijke) en indirecte in het abiotische milieu (fysische en chemische factoren).

Bij het nemen van maatregelen ten opzichte van steekmuggen dient gebruik gemaakt te worden van deze kennis. Dit kan op indirecte wijze door herinrichting en beheer of op directe wijze door bestrijding. Zowel de bestrijding als het beheer zijn onder te verdelen in een fysische, chemische en biologische component. Bestrijding richt zich direct op de steekmuggen- of knuttenpopulatie en beoogt deze te decimeren, een korte-termijnbenadering aangezien het milieu blijft bestaan en de populatie zich kan herstellen. Herinrichting grijpt in op het habitat (structuur) van de populatie en wijzigt deze, een lange-termijnbenadering waarbij de populatie niet kan terugkeren. Beheer zit hier vaak tussenin. In het algemeen geldt steeds dat voor een verantwoord ingrijpen of bijsturen de (auto-)ecologische kennis van de onderhavige soort(en) en hun milieu noodzakelijk is.

5.2 Herinrichting

Klimaatverandering kan tot gevolg hebben dat het leefmilieu van (groepen van) steekmuggen en knutten wordt bevorderd. Maar bij het nemen van mitigerende maatregelen staat echter altijd voorop 'het voorkomen van situaties waar massale ontwikkeling kan plaats vinden'. Voor een verantwoorde herinrichting geldt daarbij dat kennis van de ecologie van mogelijk optredende soort(en) steekmuggen en of knutten noodzakelijk is om een locatiespecifieke risicoanalyse vooraf mogelijk te maken.

Bij de herinrichting van gebieden is vooraf vaak sprake van een vraag naar het potentieel optreden van steekmuggen en knutten. Ten aanzien van de relatie tussen steekmuggen en knutten en herinrichting zijn op hoofdlijnen de volgende fysische, chemische en biologische componenten te onderscheiden.

2.1.1.1.26 Fysische factoren

Bij het herinrichten van natte gebieden wordt altijd ingegrepen op de fysische omstandigheden van het terrein en het houdt bijna altijd een wijziging van de structuur

van het aanwezige ecosysteem in. Ten aanzien van ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn hierbij twee uitersten mogelijk. Enerzijds het voorkómen of verminderen van het ontstaan van oppervlaktewater (vooral tijdelijke aquatische milieus) en anderzijds het volledig en permanent onder water zetten (van delen) van een gebied. Dit zijn vaak doeltreffende methoden gebleken om omvangrijke leefmilieus van steekmuggen en knutten te minimaliseren (Havelka 1978, Kriegerowski 1980, Fritz & Heimer 1981). Het nadeel bij het voorkómen van grote drassige oppervlakken en moerassen of het egaliseren van potentieel drassige terreinen is dat hierdoor ook de temporaire aquatische milieus zelf met hun eigen flora en fauna verdwijnen (Service 1971). Bij het volledig onder water zetten van deelgebieden geldt hetzelfde nadeel, echter door het graven van bijvoorbeeld sloten en plassen kan nog een redelijke aquatische diversiteit ontstaan.

Bij de aanleg van permanente wateren dient rekening te worden gehouden met:

1. de potentiële ontwikkeling van waterplanten als substraat voor de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*,
2. een eventuele golfslagzone ter voorkoming van kolonisatie door *Anopheles* en *Culex* (malaria-mug respectievelijk huissteekmug)
3. een steilere oever ter voorkoming van ei-afzetting door *Aedes* (moerassteekmug)

Dit dient echter steeds in relatie met de plaats, de aanwezigheid van predatoren, de doelstellingen en de ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied te worden bekeken. Minder drastische mitigerende maatregelen omvatten een meer ecologische inrichting van de potentiële (tijdelijke) aquatische milieus door bijvoorbeeld:

- Het over grote afstanden voorkómen of regelmatig weghalen van overhangende vegetatie ter voorkoming van ei-afzettingsmogelijkheden voor schaduwminnende soorten.
- Het niet aanplanten of laten ontwikkelen, of het kappen van bomen en struiken waardoor de toevoer van organische voedingsstoffen voorkomen of verminderd wordt (Kriegerowski 1980) en de schuil- en dispersiemilieus voor volwassen dieren verminderen.
- Het verwijderen van watervegetatie (stevige helofyten zoals lisdodde, egelskop, kalmoes, gele lis, mannagras en dergelijke) waaraan *Coquillettidia* gebonden is voor de luchtademhaling (Kriegerowski 1980).
- Het (laten) optreden van onregelmatige waterstandwisselingen waardoor tijdelijk aquatische milieus in aanraking komen met permanente milieus of juist verder indrogen. Hierbij moet wel gezorgd worden dat juist geen extra tijdelijke aquatische milieus ontstaan.
- Het eind februari instellen van een hoog waterpeil (minimaal 20 cm) en in mei van een lager peil waardoor geen synchronisatie van *Aedes* populaties kan optreden en predatie een kans krijgt.
- Het voorkómen van brede ondiepe, onregelmatig en te flauw aflopende oevers waar veel tijdelijke aquatische milieus zich kunnen vormen.
- Het voorkómen van het optreden van teveel restwateren (kleine poelen) na waterstanddaling in het voorjaar door bijvoorbeeld het egaliseren van de flauw aflopende oevers of een steilere oevervorm.
- Het aanbrengen van voldoende waterbeweging.

Al deze methoden hangen samen met de aanwezige ecologische kennis van de plaagveroorzakende soorten. Elke situatie vraagt om een eigen interpretatie van het aanwezige gebiedstype en de te beïnvloeden fysische factoren. Daarbij is het nodig om te weten welke soorten steekmuggen aanwezig zijn dan wel te verwachten zijn.

2.1.1.1.27 Chemische factoren

Het sturen van de chemische samenstelling van het water in het potentiële leefmilieu van steekmuggen en knutten omvat vaak drastische maatregelen, zoals:

- Het omvormen van een zoutwater in een zoetwaterhabitat of omgekeerd (Service 1971).
- Het omvormen van een zuur in een neutraal milieu of omgekeerd.
- Het omvormen van een voedselrijk in een meer voedselarm milieu of omgekeerd.

Dergelijke ingrepen hangen vaak nauw samen met mogelijke hydrologische maatregelen en of saneringsmaatregelen. Hierbij gelden dezelfde nadelen ten aanzien van biodiversiteitsverlies als genoemd onder de fysische factoren. Een bijkomend risico is dat juist bij omvorming de nieuwe leefmilieus mogelijk geschikt worden voor andere soorten steekmuggen en knutten. Minder drastische inrichtingsmogelijkheden omvatten bijvoorbeeld:

- Het voorkomen/verminderen van toevoer van voedselrijk water.
- Het voorkomen van organische belasting.

Bij het inlaten van water of wijzigen van kwelstromen moet er rekening mee worden gehouden dat sulfatrijk water kan leiden tot interne eutrofiëring (veenrot).

2.1.1.1.28 Biologische factoren

Eén van de meest kansrijke biologische factoren houdt de introductie van of het scheppen van randvoorwaarden voor het optreden van predatoren in (Service 1971). Meestal zijn de leefmilieus van steekmuggen en knutten ongeschikt voor kolonisatie door (potentiële) predatoren als gevolg van de aanwezige dynamische milieuomstandigheden (onder andere periodieke uitdroging, wisseling in chemische samenstelling). Het met succes doen optreden van of doen koloniseren met predatoren betekent in veel gevallen ook vermindering van een groot deel van de steekmuggen en knutten. Een voorbeeld is een (tijdelijke) koppeling aan een permanent oppervlaktewater. Specifieke predatoren van steekmuggen en knutten zijn niet bekend (Service 1971), maar generieke des te meer. Sommige planten (*Eleocharis sp.*, *Scirpus sp.*) remmen de ei-afzetting van bepaalde soorten (Service 1971). Het stimuleren van de ontwikkeling van deze planten kan waar mogelijk zinvol zijn.

2.1.1.1.29 Moment van herinrichting

Bij herinrichting ontstaan vaak nieuwe al dan niet tijdelijke oppervlaktewateren. Dergelijke wateren zijn mogelijk nog niet gekoloniseerd met predatoren, met andere woorden: de levensgemeenschap is nog niet ontwikkeld. Dit biedt een ruimte voor kolonisatie van snel groeiende soorten zoals steekmuggen. Vaak treedt na ingreep binnen korte tijd een massale ontwikkeling van steekmuggen op. Bij de herinrichting kan aandacht gegeven worden om dergelijke tijdelijke uitbraken te verminderen:

- Het uitvoeren van de aanleg in de nazomer waardoor meer fauna tussen de nazomer en het voorjaar van het volgende jaar tijd krijgt om het nieuwe of heringerichte milieu te koloniseren.
- Het in verbinding brengen van het nieuw aangelegde of heringerichte water met reeds bestaande permanente wateren zoals plassen of brede sloten. Deze koppeling versnelt de kolonisatie met predatoren van het (ver)nieuw(d)e milieu.
- Het monitoren van nieuw aangelegde natte gebieden om, indien daar aanleiding voor is, plaatselijk en gericht te bestrijden (zie paragraaf 3.5.3).

5.3 Beheer

De uiteindelijk ontwikkelde toestand van door klimaatverandering vernat of van een om andere reden heringericht gebied kan een verhoging op het aantal steekmuggen en knutten tot gevolg hebben. Ook zonder klimaatverandering zijn er in Nederland een aantal gebiedstypen in bepaalde tijden van het jaar (met pieken in april/mei en juli/augustus) ‘overlast’ aan steekmuggen of knutten veroorzaken.

Echter door herinrichtings- en beheermaatregelen kan overlast voor direct omwonenden worden verkleind. Een aantal mogelijkheden zijn:

- Het ervoor zorg dragen dat een afstand tussen nat terrein en bewoning van 60 tot enkele honderden meters wordt gehandhaafd. In deze strook zijn geen verbindende stroken van ruigtekruiden, opgaande begroeiingen of bossages aanwezig. Door deze corridors voor steekmuggen en knutten te vermijden zullen veel minder volwassen muggen de bewoning kunnen bereiken.
- Het ervoor zorg dragen dat vernatte, moerassige of plas-dras situaties op veel plaatsen met al dan niet tijdelijk in open verbinding komen te staan met permanent open water.
- Het ervoor zorg dragen dat oeverzones geleidelijk aflopen naar permanent water zodat bij verlaging van het waterpeil er nauwelijks tot geen restwater achterblijft, en het water dat wel achterblijft zo gering is dat het binnen tien dagen is verdampt.
- Waar mogelijk het permanent, zeer ondiep en vaak voedselrijk en plantenrijk water te laten bewegen, bijvoorbeeld bij bemalen, om zo steekmuggen veel minder kans te geven zich te ontwikkelen.
- Het streven, ook bij moeras- en plas-dras situaties of verbrede oevers, naar stabiele, matig-voedselrijke omstandigheden. In het agrarisch gebied is water echter vaak eutroof of hypertroof. Stabiele waterecosystemen hebben een beter ontwikkelde levensgemeenschap met meer veerkracht waarin groepen zoals steekmuggen en knutten veel minder kans hebben zich massaal te ontwikkelen. Minder voedselrijke wateren zullen ook veel minder snel verlanden.
- Begrazing door runderen of paarden vergroot het terreinreliëf. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen plekken (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee) ontstaan waarin water achterblijft. Dit geldt vooral bij een slechte draagkracht van de bodem, bijvoorbeeld bij natte veenbodems.

Begrazing onder dat soort omstandigheden dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.

- Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en luwte, wat in het voordeel is van volwassen steekmuggen die daarin rustplaatsen vinden en zich daardoor kunnen verplaatsen.
- Verrijking van oppervlaktewater met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Steekmuggen hebben, in geval van zuurstofarme condities, door een aangepaste ademhaling meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren zoals hun predatoren. Voldoende strenge eisen aan de waterkwaliteit kan bijdragen aan de verkleining van de kans op steekmuggen.
- Ervoor zorg dragen dat kleinere, ondiepe wateren (vaak sloten) niet te ver verlanden. De verlandingscyclus moet tijdig wordt gestopt of teruggezet door maaien een baggeren.
- Waar terreinreliëf geen rol speelt bij de functie van een gebied, kan ervoor worden gezorgd dat er minder laagten aanwezig zijn, zodat achterblijvend water na inundatie of neerslag, vooral bij slechter doorlatende bodems, zich niet in tijdelijke plasjes ophoopt.

5.4 Bestrijding

Bestrijding van steekmuggen en knutten is alleen aan de orde op moment er toch onverwacht een plaag uitbreekt.

2.1.1.1.30 Fysische factoren

Een belangrijk gedragskenmerk van steekmuggen is de toepassing van luchtademhaling. Hiervoor gaan larven en poppen aan het wateroppervlak hangen. De bijna volwassen dieren kruipen uit de pophuid die eveneens aan het wateroppervlak hangt. Van deze afhankelijkheid van het wateroppervlak is bij de bestrijding al sinds lange tijd gebruik gemaakt. De eerste toepassing betrof het gebruik van petroleum en andere minerale oliën. Deze stoffen tasten de oppervlaktespanning van het water aan als gevolg waarvan de larven en poppen verdrinken. Een meer geavanceerde toepassing van deze vorm van bestrijding is het gebruik van plantaardige fosfolipiden. Deze lipiden worden op het water verspreid en vormen een monomoleculaire laag die vier tot zes uur werkzaam blijft. De methode werkt het meest effectief tegen de poppen (die zijn lichter dan water). Garret & White (1977) geven een lijst van potentieel toepasbare lipiden. Lipiden zijn moeilijk toepasbaar op grote wateroppervlakken als gevolg van windwerking en golfslag. De lipiden zijn niet alleen dodelijk voor steekmuggen maar ook voor alle andere dieren met luchtademhaling (met name waterkevers en waterwantsen). De toepassing van stoffen die de oppervlaktespanning verlagen heeft nooit geleid tot een effectieve bestrijding. Wel kan het goed worden toegepast in de directe huiselijke omgeving, zoals in kruipruimten of regentonnen.

Het droogmaken van wateren of het in (sterke) beweging brengen van water door middel van bemalen kan helpen bij het bestrijden van grote aantallen larven. Echter dient deze waterbeweging of droogval over het gehele wateroppervlak plaats te vinden. Wanneer restwateren of dicht begroeide oevers aanwezig zijn is de maatregel minder effectief.

2.1.1.1.31 Chemische factoren

In het algemeen zijn chemische methoden zeer effectief in de bestrijding van steekmuggen; mede vanwege de lage kosten zijn ze in het verleden vaak toegepast. De complicaties voor het ecosysteem op korte en lange termijn kunnen echter aanzienlijk zijn (verontreiniging, persistentie, mutatie/resistentie en accumulatie). Bovendien zijn veel tot dusver toegepaste chemicaliën niet selectief in de bestrijding van de doelorganismen; ook de begeleidende fauna wordt in veel gevallen in meer of mindere mate negatief beïnvloed. Enkele vooral in het verleden toegepaste chemische stoffen zijn olie (petroleum met de werkzame aromatische koolwaterstoffen), de niet-selectief, zeer toxisch en bovendien in de regel persistente gechloreerde koolwaterstoffen (onder andere D.D.T., dieldrin en aldrin), organofosfaten (Malathion, Fenthion, Temefos (Abate), Chloorpyrifos (Dursban), Parijs groen (koper-aceto-arseniet), pyrethrum en verwante synthetische verbindingen, carbamaten (Carbaryl, Propoxur (Baygon)) en 'Insect Growth Regulators' zoals Dimilin en Methopreen. Het gebruik van een aantal van deze middelen zoals de gechloreerde koolwaterstoffen en de organofosfaten zijn in Nederland verboden.

In het algemeen wordt met chemische middelen steeds terughoudender omgegaan. Enkele belangrijke nadelen zijn:

- De werking is vaak slechts van korte duur (korte termijn effect).
- De oorzaak van de plaag wordt niet weggenomen (niet structureel).
- Bij langdurig gebruik ontstaan chronische effecten in het systeem.
- De stoffen zijn vaak persistent.
- Er is een vergrote kans op mutanten (carcinogeniteit).
- Er is een grote kans op resistentievorming.
- In veel gevallen direct toxisch voor de mens.

2.1.1.1.32 Biologische factoren

De toepassing van biologische factoren bestaat onder andere uit het gebruik van lokstoffen (feromonen) en het uitzetten van steriele mannetjes. Hierbij worden de adulten aangetrokken door het feromoon en kunnen gericht worden gedood. Voor (soort)specifieke biologische bestrijding zijn technieken ontwikkeld die berusten op genetische controle zoals geïnduceerde steriliteit, cytoplasmatische incompatibiliteit, hybride steriliteit, sex-ratio verstoring en translocatie. Bij de toepassing van deze methoden zijn er nog grote moeilijkheden. Verder blijft de toepassing beperkt tot soorten die ziekten overbrengen en of van direct groot economisch belang zijn (Service 1971a). Daarnaast is gezocht naar toepassing van pathogene virussen, protozoën en bacteriën. Lacey & Undeen (1986) geven een uitgebreid overzicht van de microbiële methoden. Een van de meest belovende toepassingen is het gebruik van de sporen van *Bacillus thuringiensis*. In augustus 1976 vond Margalit, tijdens zijn onderzoek naar

ziekteverwekkers bij steekmuggen, dode en zieke larven van *Culex pipiens* in een plas in de Negevwoestijn. De oorzaak voor het ineenstorten van deze *Culex* populatie bleek een sporen- en kristalvormende Bacillus te zijn, nauw verwant aan de door Berliner in 1911 geïsoleerde *Bacillus thuringiensis subspec. thuringiensis* (B.t.t.). Deze nieuw ontdekte bacterie werd *Bacillus thuringiensis subspec. israelensis* (B.t.i.) genoemd en behoort tot het serotype H-14. Terwijl B.t.t. specifiek pathogeen is voor rupsen, lijkt B.t.i. specifiek dodelijk te zijn voor muggenlarven, met name voor de "filter feeders" onder larven van Culicidae en Simuliidae. Hoewel het specifiek letale effect van B.t.i. op Culicidae en Simuliidae in de literatuur algemeen wordt aangegeven, is dezelfde literatuur niet eenduidig over de invloed op de begeleidende fauna. Ook andere muggen zoals bepaalde soorten Chironomidae, Ceratopogonidae en Dixidae lijken in meer of mindere mate te worden beïnvloed. De werkzaamheid van B.t.i. hangt af van factoren zoals watervolume, trofiegraad, temperatuur, larvale stadium en populatiedichtheid.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en zeer tijdelijke milieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de factoren permanentie, dynamiek en temperatuur van water cruciaal. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra aan de ontwikkeling van deze dieren bij. Dit rapport geeft een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel gebieden in laag-Nederland reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems zou als gevolg van het huidige waterbeheer de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting).

Door de verdere internationalisering en globalisering van het handelsverkeer vindt er meer uitwisseling van goederen en daarmee ongewild ook van steekmuggen en knutten en ziektekiemen plaats.

Door klimaatverandering verandert de temperatuur en de neerslagverdeling in Nederland. Het warmere klimaat en de nattere winters en heftige zomerbuien tijdens droge, warme zomers dragen beide bij aan een verhoogde dynamiek in waterpeilen. Dit betekent ook dat klimaatverandering leidt tot uitbreiding van geschikte leefmilieus voor steekmuggen en knutten. Dit betreft niet specifiek gebiedstypen aanwezig in het landelijk gebied maar betreft alle situaties waar tijdelijke, ondiepe wateren kunnen ontstaan. Omdat klimaatverandering inmiddels een gegeven is, wordt deze ontwikkeling als autonoom beschouwd.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang.

Om de effecten van vernatting op de mate van ontwikkeling van steekmuggen- en knuttenpopulaties te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk. Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk lokale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote gezondheidsrisico's mee.

Klimaatverandering en internationaal verkeer dragen bij aan vergroting van de kans op vestiging van nieuwe soorten. Deze soorten kunnen nieuwe ziekten overdragen. Voor zover nu bekend betreft dit vooral soorten die talrijk ontwikkelen in en nabij de bebouwde omgeving. De komst van deze soorten is onafhankelijk van het Nederlandse waterbeheer maar een gevolg van de autonome ontwikkelingen geïnitieerd door klimaatverandering.

De bijdrage van vernatting aan de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten steekmuggen en knutten is onzeker omdat de kennis van de ecologie van deze nieuwkomers en hun specifieke gedrag onder de toekomstige Nederlandse condities nog onvoldoende bekend is. In hoeverre nieuwkomers of nieuwe ziekten die ook overgedragen kunnen worden door inheemse steekmuggen en knutten baat bij vernatting hebben is eveneens onzeker.

6.2 Aanbevelingen

Om de problematiek van steekmuggen en knutten in relatie tot klimaatverandering en vernatting te benoemen is differentiatie van de verschillende ecologische groepen bruikbaar. Voor deze studie zijn de huissteekmuggen, moerassteekmuggen, malariamuggen en boomholtsteekmuggen apart beschouwd. De knutten zijn als gehele groep benoemd maar een nadere differentiatie is ook in deze familie wenselijk en nodig. Hiervoor is onderzoek nodig.

Het optreden van incidentele plagen zoals de moerassteekmuggenplaag in 1987 in Kloosterhaar, de huissteekmuggen overlast bij Velp in 1988 of de huissteekmuggenplaag op Schiermonnikoog in 2007 kenmerken zich door een te late start van het onderzoek en een gebrek aan kennis over de lokale omstandigheden, achtergrondpopulaties en eventuele referenties. Voor steekmuggen is referentieonderzoek aan de dichtheden onder de huidige omstandigheden in verschillende gebiedstypen met situaties zonder plaagvorming nodig.

De uitbraak van blauwtong kenmerkte zich door een sterke onderzoeksfocus op de ziekte, de specifieke locaties waar de ziekte optrad en de volwassen knutten. De mogelijke andere habitats, de larven en de verspreiding van de soorten zijn in belangrijke mate buiten beeld gebleven. Voor Nederland ontbreekt voldoende taxonomische en ecologische kennis van de terrestrische en aquatische knutten. Zowel dergelijke basiskennis als kennis van referenties is noodzakelijk om te kunnen inspelen op toekomstige veranderingen. Het wordt aanbevolen deze kennis op te bouwen.

Risicoanalyse is een geschikt instrument om met 'overlast' of plagen van steekmuggen en knutten om te gaan. Echter, tot op heden beperkt de risicoanalyse zich tot kwalitatieve parameters. Kennis van referentie-omstandigheden, gekwantificeerde

populatie- en milieuparameters ontbreken maar zijn voor voorspellingen van risico's noodzakelijk.

De ecologische kennis van steekmugsoorten in Nederland dateert uit de periode 1987-1995. Deze informatie dient nodig te worden bijgewerkt. Een literatuurstudie zou hier in belangrijke mate aan kunnen bijdragen.

De verspreiding van steekmuggen in Nederland is nooit gericht of systematisch onderzocht en is dan ook onbekend. Er is geen atlas van Nederlandse steekmuggen beschikbaar. Kennis van het voorkomen en de verspreiding van steekmuggen biedt een referentiekader voor de evaluatie van 'overlast' of plagen.

Een belangrijke vraag bij de eventuele komst van boomholtesteekmuggen is de mogelijke bijdrage van tijdelijk natte milieus aan de ontwikkeling. Hier is extra literatuur studie of aanvullende informatie verzameling in reeds gekoloniseerde gebieden voor nodig.

De knutten zijn in lijn met de opdracht als gehele groep opgenomen alhoewel een nadere differentiatie in ecologische groepen de toekomst gewenst is. De taxonomische en ecologische kennis over de knutten in Nederland is zeer beperkt. Van de aquatische en terrestrische larven ontbreekt zelfs veel taxonomische kennis. We weten vaak niet eens hoe ze heten of welke er specifiek in Nederland voorkomen. In Europa en Noord-Amerika is meer kennis voorhanden en een gedegen literatuurstudie naar de taxonomie en ecologie van deze familie levert een basis om daadwerkelijke beschikbare kennis en leemten in beeld te krijgen. Daarnaast worden in het oppervlaktewater regelmatig individuen verzameld, met name door waterbeheerders, maar niet op naam gebracht. Verbetering van de taxonomische kennis zou het inzicht in voorkomen en verspreiding sterk kunnen vergroten.

Moerassen zijn een milieu dat noch tot de verantwoordelijkheid van de waterbeheerder en vooral faunistisch ook niet tot het aandachtsgebied van de natuurbbeheerder worden gerekend. De beperkte kennis van fauna in plas-dras en moerassituaties maakt het uitvoeren van voorspellingen of risicoanalyses voor deze milieus extra moeilijk. Onderzoek naar de ongewervelde fauna in moerassen en plas-dras situaties kan sterk bijdragen aan de inzichten die nodig zijn voor herinrichting en beheer.

Kennis van overlast en plagen is verspreid en exemplarisch. We zijn meestal te laat. Monitoring van de risicosoorten ontbreekt. Validatie van de kennis is niet verricht. Meer systematische kennis kan bijdragen aan een beter en meer gerichte monitoring en advisering bij bestrijding, beheer en inrichting.

Ten aanzien van de nieuwe ziekten is het voor Nederland van belang de risico's in beeld te brengen, zowel voor mens als dier. Ten aanzien van de boomholtesteekmuggen dienen verspreidingsroutes en vestigingsmogelijkheden in Nederland in beeld worden gebracht. Hiervoor is samenhangend onderzoek van de ecologie en van de verspreiding van zowel de vector als de ziekteverwekker nodig.

Herinrichtings- en beheersmaatregelen zijn vaak locatiespecifiek. In het algemeen is het streven geïsoleerde, tijdelijke watermilieus of dynamische omstandigheden te voorkomen of beperken. Bij herinrichting moet duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de inrichtings- en de ontwikkelde fase. De effectiviteit van tussenmaatregelen dient nog nader te worden onderzocht. Ook de wijze en mogelijkheden van tijdelijke bestrijding. Veel kennis over maatregelen en steekmuggen en knutten is nog kwalitatief van aard. De eerste projecten dienen gemonitord te worden om waar mogelijk te kunnen bijsturen en optimaliseren.

Literatuur

- Aranda C., Eritja R. & Roiz D. 2006. First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. *Med. Vet. Ent.* 20: 150-152
- Beuk P.L.Th. 2002. Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV, Uitgeverij, Utrecht. 447 pp.
- Blackwell A. & King F.C. 1997. The vertical distribution of *Culicoides impunctatus* larvae. *Medical and Veterinary Entomology* 11: 45-48
- Cancrini, G., di Regalbono, A., Frangipane, Ricci, I., Tessarin, C., Gabrielli, S. and Pietrobelli, M. 2003. *Aedes albopictus* is a natural vector of *Dirofilaria immitis* in Italy, *Veterinary Parasitology* 118(3-4): abstract.
- Eritja R., Escosa R., Lucientes J., Marque E., Molina R., Roiz D. & Ruiz S. 2005. Worldwide Invasion of Vector Mosquitoes: Present European Distribution and Challenges for Spain, *Biological Invasions* 7: 87-97.
- Fritz H.G. & Heimer W. 1981. Stechmückenbrutplätze im Naturschutzgebiet "Kühkopf knoblochsauce". *Untersuchungen zur Begleitfauna, Möglichkeiten einer Minderung der Stechmückenplage. Natur und Landschaft* 56 (3), 80-84.
- Giessen J.W.B. van der, Isken L.D. & Tiemersma E.W. 2004. Zoonoses in Europe: a risk to public health. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands. 112 pp.
- Glukhova V.M. 1979. Larvae of the biting midges of the subfamilies Palpomyiinae and ceratopogoniinae of the Soviet Union. *Keys to the Soviet Union Fauna, Nauka, Leningrad*, 121. 131 pp.
- Glukhova V.M. 1979. Lichinki mokretsov podsemeistv Palpomyiinae i Ceratopogoninae fauny SSSR (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae) [Larvae of biting midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the USSR fauna (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae)] // *Opredeliteli po Faune SSSR, izdavaemye Zoologicheskim institutom AN SSSR. Vol.121. Leningrad: Nauka. P.1-231.* [In Russian; translated into English by L.J. Hribar & G.C. Steyskal, for Translation Bureau, Multilingual Services Division, Canada, under the title: Larval midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the fauna of the USSR. P.1-237].
- Glukhova V.M. 1989. Bloodsucking midges of the genera *Culicoides* and *Forcipomyia* (Ceratopogonidae). *Fauna SSSR, Nauka, Leningrad* 3, 5. 408 pp.
- Gruys P., Van Lenteren J.C., Parlevliet J.E., Scheepens P.C. & Van Zon J.C.J. 1985. Oecologische achtergronden van plagen en hun bestrijding: In: 'Inleiding tot de oecologie', Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht, 465-492.
- Gutsevich A.V. 1973. Krovososushchie mokrecy (Ceratopogonidae) [Biting midges (Ceratopogonidae)]. *Nasekomye dvukrylye* 3(5). *Fauna SSSR N.S.* 107. Nauka, Leningrad (in Russian)
- Hanson S.M. & Craig G.B.Jr. 1995. Relationship between cold hardiness and supercooling point in *Aedes albopictus* eggs. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 11(1): 35-38.
- Haren J.C.M. van & Verdonchot, P.F.M. (1990): Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswenen 3. *RIN, Leersum, rapp.* 90/6: 1-61.

- Havelka P. 1978. Rheinschnaken (Culiciden) Bekämpfung in rechtsseitigen Rheintal zwischen Karlsruhe und Mannheim im Jahr 1977 Culiciden Brutplätze. Veröff. Naturschutz Landschaftsplege Bad Württ. 47/48, 433-441.
- Hubálek Z. 2007. Mosquito-borne viruses in Europe. In: Vector-Borne Diseases: Impact of Climate Change on Vectors and Rodent Reservoirs. Berlin, 27 & 28 September 2007. Bundesministerium für Gesundheit, Umwelt Bundesamt.
- Illies J. 1978. Limnofauna Europaea. Fischer Verlag, Stuttgart.
- ISSG 2004. Global Invasive Species database. IUCN – the World Conservation Union Species Survival Commission, Invasive Species Specialist Group. <http://www.issg.org/database/species/search.asp?st=100ss&fr=1&sts>
- Jaenson T.G.T. 1990. Vector roles of Fennoscandian mosquitoes attracted to mammals, birds and frogs. Medical and Veterinary Entomology 4: 221-226.
- Kriegerowski L. 1980. Die Dezimierung von Stechmücken mit landschaftsgestaltenden Massnahmen am Beispiel eines (West)Berliner Feuchtgebietes. Natur und Landschaft 55 (7 8), 291 295.
- Lawson J. W. H. 1951. The anatomy and morphology of the early stages of *Culicoides nubeculosus* Meigen (Diptera: Ceratopogonidae = Heleidae). Trans. R. ent. Soc. Lond 102: 511–570.
- Linley J.R. 1985. Biting midges (Ceratopogonidae) as vectors of nonviral animal pathogens. J. med. Ent. 22: 589-599.
- Lundstrom J.O. 1999. Mosquito-Borne Viruses in Western Europe: A Review. J. Vector Ecol. 24(1):1-39.
- Lutz N. 2002. Ecoaccess. North Carolina Central University. <http://ecoaccess.org/info/wildlife/pubs/asiantigermosquitoes.html>
- Mayer K. 1934. Die Metamorphose der Ceratopogonidae (Dipt.). Ein Beitrag zur Morphologie, Systematik, Ökologie und Biologie der Jugendstadien dieser Dipterenfamilie. Arch. naturgeschichte, N.F. 3: 205-288.
- Medlock JM, Snow KR, Leach S. 2005. Potential transmission of West Nile virus in the British Isles: an ecological review of candidate mosquito bridge vectors. Med Vet Entomol. 19(1):2-21.
- Medlock JM, Snow KR, Leach S. 2007. Possible ecology and epidemiology of medically important mosquito-borne arboviruses in Great Britain. Epidemiol Infect. 135(3):466-82.
- Merritt R.W. & Cummins K.W. 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publ. Comp., Dubuque. 441 pp.
- Mohrig W. 1969: Die Culiciden Deutschlands. Parasitol. Schr. 18, 260 p.
- Muggen & Knutten 2002. Muggen & Knutten: vooroordelen en misverstanden, waar- en onwaarheden, vóórkomen en voorkómen. Brochure Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG RWS, RIZA, Lelystad. 11 pp.
- Novak R. 1992. The Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus*. Wing Beats, Vol. 3(3):5.
- Rahamat-Langendoen J.C., Vliet J.A. van & Lier E.A. van 2008. Staat van infectieziekten in Nederland. RIVM, Bilthoven. Rapport 210211004. 52 pp.
- Samanidou-Voyadjoglou A., Patsoula E., Spanakos G. & Vakalis N.C., 2005. Confirmation of *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Greece. European Mosquito Bulletin, 19, 10–12.
- Schmidt G. & Cate L. ten 1989. Steekmuggen in Nieuw Velp-Zuid; aanbevelingen voor beheer. Int. rapp. RIN, Leersum. 89/3: 1-41.

- Service M.W. 1971. Conservation and the Control of Biting Flies in Temperate Regions. *Biological Cons.* 3 (2), 113-122.
- Service M.W. 1976. Mosquito ecology. Field sampling methods. Applied science publishers LTD. Barking, Essex, England, 583 p.
- Seventer H. van 1969. The disappearance of malaria in the Netherlands. Thesis Universiteit van Amsterdam, Amsterdam. 86 pp.
- Seyler T., Rizzo C., Finarelli A.C., PoC., Alessio P., Sambri V., Giofi Degli Atti M.L. & Salmaso S. 2008. Autochthonous chikungunya virus transmission may have occurred in Bologna, Italy, during the summer 2007 outbreak. *Eurosurveillance* 13, 3: 8015.
- Steenbergen H.A. 1993. Macrofauna-atlas van Noord-Holland: verspreidingskaarten en responsies op milieufactoren van ongewervelde waterdieren. Provincie Noord-Holland. Dienst Ruimte en Groen. 651 pp.
- Szadziwski R. 1983. Flies (Diptera) of the saline habitats of Poland. *Polskie Pismo ent.* 53: 31-76.
- Stowa 1997. Eco-atlas van waterorganismen. Deel V: macrofauna: insecten. Stichting Toegepast Wateronderzoek, Utrecht. 47: 289 pp.
- Szadziwski R., Krzywinski J. & Gilka W. 1997. Diptera Ceratopogonidae, Biting Midges. In: *Aquatic Insects of North Europe. A Taxonomic Handbook. Volume 2. Odonata – Diptera.* Nilsson A. (ed.). Apollo Books, Stenstrup, Denmark. 243-264.
- Takken W., Geene R., Adam W. & Jetten T.H. 1999. Malariamuggen en het risico voor terugkeer van malaria in de Rijn-Maas delta. Wageningen Universiteit en Research Centrum. 47 pp.
- Takken W. 2008. Insects and disease in the 21st century – a wind of change- Inauguration Lecture, Wageningen University, 5 June 2008. 17 pp.
- Verdonschot Piet F.M., Schmidt Gertie, Leeuwen Peter H.J. van & Schot Joke A. 1988. Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswenen. *RIN, Leersum, rapp.* 88/31: 1-109.
- Verdonschot P.F.M. 2002. Culicidae. In: Beuk 2002, Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV, Uitgeverij, Utrecht. 98-100.
- Weissenböck H., Kolodziejek J., Url A., Lussy H., Rebel-Bauder B. & Nowotny N. 2002. Emergence of Usutu virus, an African Mosquito-Borne Flavivirus of the Japanese Encephalitis Virus Group, Central Europe. *Emerging Infectious Diseases* 8: 652-656.
- World Health Organization 1989. Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors. WHO publication WHO/VBC/89.967. 134 pp.
- World Health Organization 2004. The vector-borne human infections of Europe. Their distribution and burden on public health. WHO publication, 144 pp.
- Zadoks J.C. 1985. Landbouw tussen oecologie en economie. In 'Inleiding tot de Oecologie'. Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht. 375-421.
- Zeller H.G. & Schuffenecker I. 2004. West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 23(3):147-56.

Bijlage 1 Ecologie van steekmuggen

2.1.1.1.33 Classificatie

Voor meer uitgebreide ecologische beschrijvingen en soortspecifieke informatie wordt verwezen naar onder andere Mohrig (1969), Service (1976), Verdonschot et al. (1988), Schmidt & Ten Cate (1989), Merrit & Cummins (1984) en de literatuurverwijzingen in deze publicaties. Tot de stekende en bijtende Diptera (groep van vliegen en muggen) behoren in Nederland de volgende families volgens de classificatie naar Beuk (2002):

Klasse	Arthropoda (geleedpotigen)
	Insecta (insekten)
Orde	Diptera (muggen en vliegen)
Suborde	Nematocera (muggen)
	Culicomorpha
	Culicoidae
Familie	Culicidae (steekmuggen)
	Ceratopogonidae (knutten)

De familie van de Culicidae (steekmuggen) komt over de gehele wereld met ongeveer 3000 soorten voor. In geheel Europa komen 92 soorten steekmuggen voor, ongeveer 3.5 % van het totale soortenbestand (Illies 1978), in Midden Europa circa 45 soorten (Fritz & Heimer 1981) en in Nederland tot op heden 35 soorten (Verdonschot 2002).

Familie	Culicidae (steekmuggen)
Subfamilie	Anophelini (Anopheles (7))
(genus (aantal	Culicini (Aedes (17), Culex (4), Culiseta soorten*))
	(subgenera Culiseta (3), Culicella (3)),
	Coquillettidia (1)

*Verdonschot 2002

Steekmuggen ontleen hun naam aan het feit dat vrouwelijke adulten dieren steken om bloed te zuigen. Het bloed is nodig voor de rijping van de eieren. Bij het steken wordt een speekselsecret in de huid gebracht. De reactie hierop is wisselend (geen tot oedeem).

2.1.1.1.34 Levenscyclus

De levenscyclus van een steekmug wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De levenscyclus van steekmuggen omvat een aquatische en een terrestrische fase. Steekmuglarven en -poppen leven meestal vrij zwemmend in de waterkolom: aquatisch. De volwassen dieren vliegen en leven op het land: terrestrisch. Per groep van steekmuggen is het ei-stadium terrestrisch of aquatisch.

2.1.1.1.35

2.1.1.1.36 Eieren

De volwassen vrouwtjes kunnen gedurende hun gehele leven, afhankelijk van de soort, één tot tientallen ei-ontwikkelingscycli voltooien. Het aantal eieren varieert per legsel van enkele tot circa 300 (400), afhankelijk van: de soort, de grootte van de vrouwtjes en de hoeveelheid bloedvoeding.

Direct na het leggen van de eieren zijn de eieren eerst wit, maar verkleuren in ongeveer 40 minuten tot zwart. Per hoofdgroep verschilt de plaats waar de eieren worden afgezet:

De eieren van huisteek-, en malariamuggen worden op het wateroppervlak afgezet: gezamenlijk als drijvende vlotjes (genera *Culex*, *Culiseta* (subgenus *Culiseta*), *Coquillettidia*), of afzonderlijk drijvend (genus *Anopheles*). Het eistadium van de drijvend afgezette eieren duurt slechts enkele dagen. Eieren kunnen worden gegeten door predatoren of met de waterbeweging op de oever terecht komen en indrogen.

De eieren van boomholte- en moerassteekmuggen worden semi-aquatisch of terrestrisch afgezet in modder, strooisel of op vochtige bodem (genus *Aedes*, *Culiseta* (subgenus *Culicella*)). De eerste zes tot acht dagen na ovipositie zijn de eieren, afgezet op een vochtige bodem, gevoelig voor verdroging. Daarna doorstaan deze tot op zekere hoogte droogte. De eieren komen uit als ze gedurende voldoende tijd, meestal enkele dagen, in contact zijn geweest met water. Afhankelijk van de klimatologische omstandigheden kan het eistadium van op vochtige bodem afgezette eieren variëren van enkele weken tot enkele jaren. Deze semi-aquatisch of terrestrisch afgezette eieren kunnen namelijk in rust (diapauze) gaan. Dit gebeurt bij univoltiene (soorten met slechts één levenscyclus per jaar) soorten reeds in de zomer en duurt tot aan het volgend voorjaar. De multivoltiene soorten (soorten met meerdere levenscycli per jaar) hebben meestal synchrone generaties (hetgeen betekent dat de larven gelijktijdig uitkomen, ontwikkelen en of uitvliegen) daar het water vaak over grotere oppervlakken gelijktijdig stijgt (stijgende waterstand, neerslagrijke periode). Hierdoor begint de ontwikkeling van de eitjes gelijktijdig en wordt de populatie steeds weer gesynchroniseerd.

2.1.1.1.37 Larven

De larven van alle groepen van steekmuggen doorlopen vier stadia, elk eindigend met een vervelling. De duur van het larvale stadium is afhankelijk van: de soort, de temperatuur, de hoeveelheid water en de hoeveelheid aanwezig voedsel in het habitat. Onder optimale omstandigheden (hoge temperatuur, voldoende water en voedsel) kan de larvale ontwikkeling in twee tot drie weken zijn afgerond. De larven zijn zwaarder dan water en moeten daarom actief naar het wateroppervlak bewegen om adem te halen. Bij verstoring laten ze zich in het water zakken. Omdat ze afhankelijk zijn van luchtademhaling worden ze niet door lage zuurstofgehalten beïnvloed, behalve in het eerste stadium omdat dan nog huidademhaling wordt toegepast. Vanaf het tweede stadium ademen de larven (en poppen) door middel van een ademhoortje aan het wateroppervlak, met uitzondering van de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*, die zuurstof onttrekt aan de luchtkanalen van waterplanten. De voeding van alle larven bestaat uit micro-organismen, afgestorven plantenresten of algen. Delarven zijn zeer gevoelig voor predatie en uitdroging.

2.1.1.1.38 Poppen

De verpopping volgt bij voldoende hoge temperatuur nadat de vierde stadium larven zijn volgroeid. De poppen zijn lichter dan water waardoor ze meestal tegen het wateroppervlak hangen en daar atmosferische lucht ademen met behulp van ademhoortjes op de thorax, met uitzondering van *Coquillettidia* die zuurstof onttrekt aan luchtkanalen van waterplanten. Bij verstoring vluchten zowel larven als poppen actief naar diepere waterlagen; na korte tijd verschijnen ze echter weer aan het wateroppervlak. De duur van het popstadium varieert van drie tot vijf dagen, het kan verlengd worden tot 10-21 dagen als gevolg van lage temperaturen. De poppen voeden zich niet. Ook de poppen zijn gevoelig voor predatie en uitdroging.

2.1.1.1.39 Adulten

De adulten ontpoppen aan het wateroppervlak uit de opengebarsten pophuid. Dit duurt 7 tot 8 minuten. Een voorwaarde hierbij is een onbeweeglijk wateroppervlak (geen golfslag). De adulten

(zowel mannetje als vrouwtje) voeden zich met nectar. Als het geslachtsapparaat in het vrouwtje voldoende is ontwikkeld (na 2-3 weken) is ze rijp voor paring. Het vrouwtje paart één tot meerdere malen, veelal in de directe omgeving van het larvale habitat. Na de paring sterven de mannetjes. Mannetjes hebben daardoor een kortere levensduur dan vrouwtjes. Vrouwtjes zijn meestal actief in de schemering en de nacht, in zowel open als bedekt terrein. Bepalende factoren voor deze activiteit zijn lichtsterkte, temperatuur en luchtvochtigheid: de steekactiviteit is vooral hoog op dagen met een hoge luchtvochtigheid, een hoge temperatuur en (min of meer) lage luchtdruk. Pas twee tot drie weken na het uitvliegen (en de paring) wordt bloed gezogen. Het bloed is nodig voor de ontwikkeling van de eitjes. Vrouwtjes benaderen hun gastheer na visuele waarneming. Andere zintuigen spelen pas een rol op het moment dat de adulten in de directe omgeving van een gastheer zijn. Een combinatie van visuele stimuli met andere prikkels zoals geur, warmte en vocht verhogen het bloedzuiggedrag. De attractiviteit van de mens wordt naast lichaamstemperatuur en geurstoffen ook bepaald door het uitgeademde (verhoogde) kooldioxide. De volwassen dieren worden gepredeerd door roofvliegen en vogels. Lage luchtvochtigheid leidt eveneens tot sterfte.

Bijlage 2 Ecologie van knutten (Ceratopogonidae)

2.1.1.1.40 Classificatie

De knutten (Ceratopogonidae) omvat een familie van kleine muggen (1-4 mm lang) Wereldwijd zijn er meer dan 4000 soorten met in het genus *Culicoides* alleen al meer dan 500 soorten. Voor Nederland zijn circa 104 soorten ceratopogoniden bekend. Ze zijn nauw verwant aan de vedermuggen (Chironomidae), kriebelmuggen (Simuliidae) en Thaumaleidae.

Familie	Ceratopogonidae
Subfamilie	Ceratopogoninae (Ceratopogon (3), Culicoides (15),
(genus (aantal	Kolenohalea (1), Schizohalea (1), Serromyia (4),
soorten in NL*))	Stilobezzia (3))
	Dasyheleinae (Dasyhelea (13))
	Forcipomyiinae (Atrichopogon (10), Forcipomyia (20))
	Palpomyiidae (Bezzia (12), Clinohalea (1), Macropheza (1),
	Mallochohalea (2), Nilobezzia (1), Palpomyia (12),
	Probezzia (1), Sphaeromyia (3))

* Beuk 2002

Levenscyclus

De levenscyclus van een knut wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De eieren kunnen in 2-10 dagen ontwikkelen. De larve doorloopt 4 stadia. Bij hoge temperaturen (28-30°C) ontwikkelde *Culicoides nubeculosum* zich in 22-32 dagen tot pop (Glukhova, 1989). Het pop stadium duurt 3-5 dagen terwijl de volwassenen 1-2 maanden leven. De meeste soorten van het genus *Culicoides* ontwikkelen zich bij 20-25°C in circa 1 maand van ei (in 4-6 dagen), via larf (in 20-25 dagen), via pop (in 3-5 dagen) tot volwassen dier (Gutsevich, 1973). Ongeveer 4-5 dagen na het uitvliegen zuigen de volwassen vrouwtjes bloed, waarna na circa 5-7 dagen de eieren worden afgezet. Met andere woorden de gehele levenscyclus neemt daarmee ongeveer 1.5 maand (range 2-6 weken) in beslag.

De meeste knutten overwinteren in het derde of vierde larvale stadium, univoltiene soorten vaak als ei. De volwassenen vliegen van de vroege lente (in onze regio april/mei tegelijk met het steekmuggen genus *Aedes*) tot de late herfst (oktober/november).

Het aantal levenscycli per jaar kan van soort tot soort verschillen, zowel uni- als multivoltiene soorten komen voor. Dit is mede afhankelijk van de lokale klimatologische omstandigheden.

2.1.1.1.41 Eieren

De eieren zijn circa 0.25 mm groot, langgerekt al dan niet licht gebogen van vorm en worden enkelvoudig, in losse groepjes, in ketens (*Mallochohalea*, *Probezzia*) of in massale klompen afgezet op vochtige substraten zoals vochtige bodems, stenen of emergente vegetatie (Szadziwski, 1997). De eieren zijn eerst wit en verkleuren daarna tot bruin of zwart. De eiklompen kunnen tot zeker 450 eieren bevatten en een adult kan meerdere (tot 7?) van dergelijke eiklompen produceren. Bij kamertemperatuur komen de eieren van *Culicoides nubeculosum* na 48-65 uur uit (Lawson, 1951). Andere ontwikkelingstijden variëren van 2 tot 10 dagen. Sommige soorten zijn univoltien (bijvoorbeeld bij *Culicoides grisecens*, *C. vexans*, *Dasyhelea*, *Forcipomyia*), er treedt dan een embryonale diapauze op.

2.1.1.1.42 Larven

De larven lijken wormen, zijn crème-wit van kleur en ongeveer 2 tot 5 mm lang. De larven doorlopen 4 stadia, waarbij alleen stadium 1 nog stekeldragende voorpoten heeft. De larven en poppen leven aquatisch, semi-aquatische of terrestrisch. Het leefmilieu is verderop meer in detail beschreven. Ze voeden zich met algen, schimmels en andere micro-organismen of zijn carnivoor. Er zijn dichtheden van meer dan 80.000 larven per vierkante meter beschreven (Glukhova, 1979). De larven leven voornamelijk als predatoren op kleine dieren zoals chironomiden, steekmuglarven, kokerjuffers, nematoden, rotiferen, wormen, protozoën en kannibalistisch. Echter sommige soorten leven op dood organisch materiaal, algen of bacteriën. De aquatische larven zijn goede en snelle zwemmers.

Larven van aquatische knutten worden vooral door vissen gegeten. Terrestrische larven bevinden relatief ondiep (2-5 cm) in de bodem en worden door vogels gepredeerd (Blackwell & King 1997).

2.1.1.1.43 Poppen

De pop is bleek geel tot bruin en is 2 tot 5 mm lang met een cephalothorax waarop zich een paar ademhalingshoortjes staan die al dan niet met haren bezet zijn. De poppen kunnen niet zwemmen, maar bewegen langzaam door met hun abdomen te draaien. Uitzondering zijn de poppen van de genera *Mallochohelea* en *Probezzia* die ventrale plaatjes bezitten waarmee ze snel naar de bodem van een water kunnen bewegen. In oppervlaktewater hangen de poppen veelal aan het wateroppervlak met hun ademhalingshoortjes. Het popstadium duurt veelal 2-3 dagen.

2.1.1.1.44 Volwassenen

De volwassen mannetjes voeden zich met nectar of andere zoete plantensappen. De vrouwtjes van sommige soorten zuigen bloed van dieren, met name vertegenwoordigers van de genera *Culicoides*, enkele *Forcipomyia* en *Leptoconops*. Bloedmaaltijden worden vooral in de ochtend en de avond genuttigd, maar er komen ook soorten voor die zich overdag voeden. De Dasyheleinae en de meeste Forcipomyinae zijn fytofaag (o.a. enkele *Atrichopogon* die pollen uitzuigen) terwijl enkele Forcipomyinae en *Atrichopogon* entomofaag (op de lichaamsvloeistof van insecten) zijn. De overigen prederen op insecten.

De vrouwtjes vliegen circa 2 km terwijl de mannetjes de dubbele afstand afleggen.

2.1.1.1.45 Leefmilieu

Het leefmilieu is zeer variabel van droog naar nat. De knutten zijn gevonden in volledig aquatische milieus zoals beken, rivieren, bronnen, poelen, plassen, meren, boomholten, in tijdelijke wateren zoals rotspoeltjes en andere opdrogende wateren, in semi-aquatische omgeving zoals natte oeverzones, moerassen, venen, drassige weilanden, mos en andere vocht vasthoudende begroeiingen en vochtig grasland, en terrestrisch zoals in mest, rottende schimmels, mierennesten, rottend hout, strooisel en andere droge plekken. Er zijn ook larven gevonden in de sapstroom in planten. De echte aquatische knutten behoren allemaal tot de subfamilie van de Ceratopogoninae en Palpomyiinae. De meeste komen voor in ondiepe beken en plassen, vooral tot een diepte van 5-10 cm, maar er zijn ook vondsten tot 43 m diepte onder water bekend (Mayer, 1934).

Het genus *Culicoides* wordt gevonden op of nabij het oppervlak van natte bodems in zoete en brakke moerassen, drassige gronden en venen, oeverzones, boomholten en temporaire poeltjes. De Forcipomyinae zijn vaak semi-aquatisch alhoewel ze ook veel in het littoraal worden gevonden. *Atrichopogon* is de enige echt stromingsminnende soort. De verdeling in brak water is niet veel verschillend (Szadziwski, 1983).

Bijlage 3 Overzicht van (mogelijk) in Europa voorkomende arbovirussen en andere ziekteverwekkers

Voor malaria en blauwtong wordt verwezen naar paragraaf 2.3.2 respectievelijk 2.3.3.

2.1.1.1.46 Bunyaviridae (of Californische encefalitis virussen)

Hersenontsteking of encefalitis is een ontsteking van het hersenweefsel en kan door een arbovirus worden veroorzaakt. Meestal verloopt de infectie relatief mild, maar er kunnen ook ernstigere hersenbeschadigingen ontstaan soms met de dood als gevolg.

2.1.1.1.47 Tahynavirus

Het ziekteverloop van het Tahynavirus lijkt op een zomergriep (WHO 2004). Het Tahynavirus veroorzaakt koorts en ademhalingsproblemen met soms storingen in het centrale ruggemerg (Lundstrom 2004). Het Tahynavirus wordt door steekmuggen *Aedes vexans*, *A. cantans*, *A. sticticus*, *A. caspius*, *Culex pipiens*, en *Culiseta annulata* overgedragen. Het virusreservoir is gevonden bij vogels, haasachtigen en knaagdieren. Het komt in de meest Centraal en Zuid Europese landen voor (Lundstrom 1999), de WHO (2004) noemt met name Duitsland, Oostenrijk, Italië en Frankrijk.

2.1.1.1.48 Inkoovirus

Het Inkoo virus is tot op heden in West-Europa niet geassocieerd met een ziekte bij de mens, echter een Russische studie legt een verband met encefalitis (Lundstrom 1999). Het Inkoo virus komt in Noord-Europa (vooral in het hoge noorden voor).

2.1.1.1.49 Bataivirus

Het Batai- of Calovovirus komt in Zuid-, Centraal (meest frequent) en Noord-Europa voor. De immuniteit bij mensen is veelal laag, hetgeen erop duidt dat het virus als ziekteverwekker bij de mens een beperkte rol speelt (Lundstrom 1999).

2.1.1.1.50 Lednicevirus

Het Lednicevirus is alleen bekend van Tsjechië en Roemenië en is tot op heden niet op mensen overgedragen (Lundstrom, 1999).

2.1.1.1.51 La Crossevirus

Het La Cross virus wordt door *Aedes triseriatus* en *A. albopictus* overgedragen en komt voor in Noord-Amerika. Het is in 1969 in La Cross ontdekt. Het doorloopt een zoogdier-steekmug cyclus en overwintert via doorgifte in steekmug eitjes. Het ziekteverloop is mild, met in 1% van de gevallen en dodelijke afloop.

2.1.1.1.52 Phlebovirus (Rift Valley virus)

Het Phlebovirus komt vooral bij gedomesticeerde dieren voor maar kan ook mensen treffen. Het ziekteverloop bij de mens is vaak zonder symptomen of met lichte koorts, algehele vermoeidheid, rugpijn, hoofdpijn, duizeligheid, gewichtsverlies, myalgie en/of leverafwijkingen. In een klein percentage van de gevallen (< 2%) kunnen hemorrhagische koorts, hersenontsteking of oogafwijkingen optreden. Genezing treedt na 2-7 dagen op.

De ziekte is voor het eerst in Kenia rond 1915 waargenomen, maar is pas in 1931 geïsoleerd. Het virus komt zuidelijk van de Sahara voor en elders soms endemisch zoals in Egypte in 1977-78 met

miljoenen zieken en duizenden doden, en in 2000 in Jemen en Saoedi-Arabië. In Kenia waren in 1998 meer dan 400 doden te betreuren.

Het Phlebovirus is wel een belangrijke veroorzaker van dierziekte met dodelijke afloop voor schapen en koeien en heeft dan ook ernstigere gevolgen voor de mens. Het virus wordt door soorten van de geslachten *Culex* en *Aedes* overgedragen, maar heeft niet perse een tussengastheer nodig. Experimenteel is aangetoond dat het virus een veelheid aan dieren kan infecteren en zeer wijd verspreid zou kunnen voorkomen. Het virus is nog niet buiten Afrika waargenomen maar de kans hierop wordt zeer serieus genomen.

2.1.1.1.53 [Snowshoe hare virus \(=poolhaas\)](#)

Het virus veroorzaakt hoofdpijn en koorts en behoort tot de Californische virussen die in 1943 voor het eerst zijn geïsoleerd.

2.1.1.1.54 [Flaviviridae \(flavivirussen\)](#)

2.1.1.1.55 [West Nijlvirus](#)

Het West-Nijlvirus wordt overgebracht door steekmuggen en maakt vooral onder vogels slachtoffers, maar treft ook zoogdieren (vooral paarden) inclusief de mens. Bij 80% van de menselijke slachtoffers levert een infectie geen symptomen op. In de overige gevallen is er sprake van koorts, vermoeidheid, pijn in de ogen en spieren, hoofdpijn en encefalitis. In 0,7% van de gevallen zijn er ernstiger gevolgen met name encefalitis en meningitis (Lundstrom, 1999). Met name mensen boven de 50 jaar hebben een hoger risico op de ernstiger verschijnselen van de ziekte. Het virus stamt uit tropisch Afrika. Het virus is gevonden in vogels, paarden en steekmuggen (Lundstrom 1999). Het West-Nijlvirus werd in 1999 voor het eerst in de Verenigde Staten geconstateerd. Aangenomen wordt dat een drager de Verenigde Staten via een vliegtuig aan de oostkust binnen is gekomen. In slechts 4 jaar bereikte het virus de westkust van de Verenigde Staten. De komst naar west Europa is slechts een kwestie van tijd (Zeller et al. 2004). Hier traden vooral de soorten van het geslacht *Culex* als tussengastheer op (Medlock et al. 2005).

Het virus steekt in Europa regelmatig de kop op (Zuid-Frankrijk 1962-1965, Roemenie 1996 met hoog sterftecijfer, Portugal, Tsjechië). Antilichamen zijn bij vogels, huisdieren en mensen in verschillende andere Zuid- en Centraal Europese landen aangetroffen (Lundstrom, 1999). Potentiële tussengastheren zijn *Culex pipiens*, *C. europaeus*, *C. modestus*, *Anopheles plumbeus*, *A. maculipennis*, *A. atroparvus*, *A. messeae*, *Aedes caspius*, *A. cantans*, *A. cinereus*, *A. detritus*, *A. dorsalis*, *A. punctor*, *A. sticticus*, *A. vexans*, *Coquillettidia richiardii*, *Culiseta annulata* en *C. morsitans* (Medlock et al., 2005). Een uitgebreid overzicht van de historie en ontwikkeling van het West-Nijl virus probleem in Europa is gegeven door de WHO (2004).

2.1.1.1.56 [Dengue \(knokkelziekte\)](#)

Dengue (ook bekend als knokkelkoorts) is een virale infectieziekte die voornamelijk wordt overgebracht door beten van de steekmuggensoort *Aedes aegypti*, maar soms ook door *Aedes albopictus*. Er zijn vier verschillende verwante virussen bekend (van de groep flavivirus) die een vergelijkbaar ziektebeeld kunnen geven; na het doormaken van een infectie met één van de vier is men voor die variant levenslang immuun. Er ontstaat echter geen kruisimmunitet tegen de overige drie virussen. Integendeel, er zijn aanwijzingen dat bij een infectie met een van de andere virussen juist een ernstiger ziekteverloop optreedt. Dengue is een ziekte in opkomst; de mens is het voornaamste virusreservoir en de kans op overdracht van het virus neemt toe als veel mensen dicht op elkaar wonen en steekmuggen makkelijk toegang hebben.

De risicogebieden voor dengue komen min of meer overeen met die voor malaria. In Europa en Noord-Amerika komt de ziekte van nature niet voor, behalve in Mexico en Texas. In Midden-Amerika en de Caribische eilanden, Afrika en Zuid-Amerika rond de evenaar, India, Zuidoost-

Azië, de Filippijnen en Noordoost-Australië is de ziekte endemisch. Dengue was eenmaal endemisch in Europa (Griekenland 1928; Giessen et al. 2004). Het endemisme is vooral een gevolg van de koude intolerantie van de tussengastheer *Aedes aegypti*, een gedomesticeerde, overdag mensen stekende steekmug. Echter nu de ziekte ook door de in Europa voorkomende soort *Aedes albopictus* kan worden overgedragen wordt het risico op een ziekte uitbraak veel groter (Giessen et al. 2004).

2.1.1.1.57 Gele koortsvirus

De Gele koorts is een infectieziekte veroorzaakt door het gele koortsvirus dat door steekmuggen wordt verspreid. De ziekte komt alleen in Afrika ten zuiden van de Sahara (ca. 180.000 gevallen per jaar) en Zuid- of Midden-Amerika (ca. 20.000 gevallen per jaar) voor. In Afrika gaat het meestal om de *Aedes aegypti* of *Aedes africanus*, in Zuid-Amerika zijn het vaak steekmuggen van het geslacht *Haemagogus*. Via de speekselklieren van de besmette mug komt het virus in het lichaam binnen en infecteert lymfocyten. Via de regionale lymfeklierstations verspreidt het virus zich vervolgens naar de rest van het lichaam. Muggen die een geïnfecteerde aap of mens steken worden na 2-3 weken besmettelijk.

Per jaar kan in een gebied met veel transmissie wel enkele procenten van de aanwezige bevolking geïnfecteerd worden met het gele koortsvirus. Bij de jong-volwassenen kan in zo'n gebied mede daarom bij de meerderheid antistoffen tegen gele koorts worden aangetroffen. In Nederland is er in meer dan 10 jaar geen gele koorts vastgesteld.

2.1.1.1.58 Japanse encefalitis

Japanse encefalitis is een in Azië niet zo zeldzame en potentieel ernstige virale hersenontsteking (verlammingen, epilepsie, coma, overlijden). Japanse encefalitis is met 30-50.000 gesignaleerde gevallen per jaar de voornaamste vorm van virale encefalitis in Azië, en heeft als bijnaam de 'pest van het Oosten'. Bij de mens veroorzaakt het virus meestal een onschuldige atypische infectie. Ongeveer 1 op 200 besmette personen ontwikkelt encefalitis (varieert tussen 1 per 50 tot 1 per 1000 besmettingen). In ongeveer 3 gevallen op tien lijdt de hersenontsteking tot de dood. In nog eens 3 gevallen op 10 zijn er blijvende neurologische of psychologische restverschijnselen.

De term "Japanse" verwijst naar de plaats van de eerste virusisolatie in 1935. Het verspreidingsgebied is echter veel groter. De ziekte komt vooral voor in landelijke streken van Zuid- en Zuidoost-Azië (van India tot Japan). Recent dook het virus op in Papua Nieuw Guinea en het Noorden van Australië. De infectie komt in de meeste gebieden seizoengebonden voor. In de gematigde klimaatzones vooral rond het einde van de zomer en het begin van de herfst en in de tropische klimaatzones bij het begin van de regenperiode (moesson). De aandoening komt vooral voor waar mensen en varkens in dicht verband samenleven.

2.1.1.1.59 Ustuvirus

Dit virus is voor het eerst in 1959 bij steekmuggen in Zuid-Afrika geïsoleerd en draagt de naam van een rivier in Swaziland. Het is aangetroffen bij vogels en zoogdieren. Het virus is nooit geassocieerd met een ernstige of fatale ziekte bij mensen of dieren (Weissenböck et al. 2002).

2.1.1.1.60 Togaviridae

Er zijn in totaal 25 verschillende togavirussen geïdentificeerd. Togavirussen kunnen verschillende diersoorten infecteren, waaronder vogels, knaagdieren en zoogdieren. Sommige togavirussen veroorzaken een fatale encefalitis (ontsteking van de hersenen) bij bijvoorbeeld paarden, terwijl andere infecties veel mildere symptomen laten zien. Ook mensen kunnen

worden geïnfecteerd door togavirussen, alhoewel dit echter relatief weinig voorkomt. De symptomen van een togavirusinfectie bij mensen variëren van griepachtige verschijnselen tot een ernstige encefalitis.

2.1.1.1.61 Ockelbo

Het Ockelbo virus (een Sinbis gerelateerd virus) wordt door de steekmugsoorten *Aedes cantans*, *A. cinereus*, *A. communis*, *A. excrucians*, *A. intrudens*, *Culex pipiens*, *C. torrentium* en *Culiseta morsitans* overgedragen. Het virus overleeft in een vogel-mens-vogel overdrachtscyclus. De ziekte kenmerkt zich door gewrichtspijn (1 week tot 1 maand). Het virus is over geheel Europa, Azië en Afrika verspreid (WHO 2004).

2.1.1.1.62 Sindbisvirus

Het Sindbisvirus veroorzaakt koorts, huiduitslag en gewrichtspijn. Uitbraken zijn van Noord-Europa bekend uit 1981-1982, 1988 en 1995 (Lundstrom 1999). Het SIN virus is één van de minst gevaarlijke alphavirussen voor de mens en wordt daarom vaak gebruikt als een modelvirus in wetenschappelijk onderzoek (Jaenson 1990). Het Sindbisvirus wordt tussen vogels overgedragen door *Culex pipiens*, *C. torrentium* en *Culiseta morsitans*, and terwijl de overdracht tussen vogels en mens plaats vindt door soorten van het geslacht *Aedes*, met name *A. cinereus*, een soort die zowel bloed zuigt van vogels als van zoogdieren (Jaenson, 1990).

2.1.1.1.63 Chikungunyavirus

Het Chikungunyavirus is een togavirus dat een milde koorts veroorzaakt en is veelal niet levensbedreigend. Het virus kan overgedragen worden door *Aedes aegypti* en *Aedes albopictus* (tijgermug). Voorafgaand aan 2007 waren besmettingen in Europa vooral incidenteel als gevolg van reizigers die besmet terugkeerden. In augustus 2007 brak rond Ravenna in Noord-Italië de eerste epidemie van het Chikungunya-virus in Europa uit. Hierbij raakten > 200 mensen besmet (Seyler et al. 2008).

2.1.1.1.64 Ross River

Voor het eerste geïsoleerd in 1928. De ziekte uit zich in gewrichtspijnen, spierpijn, koorts en huiduitslag. Het wordt onder andere overgedragen door *Aedes vigilax*.

2.1.1.1.65 Equine encefalitis (paardenencefalitis)

Er zijn drie vormen van dit virus. Het virus maakt vooral slachtoffers onder paarden. Echter oversmetting naar de mens is mogelijk en maakte eenmaal in het noordoosten van de VS 35% dodelijke slachtoffers (kinderen). Het oostelijke virus is lethaler dan het westelijke of Venezuela. Het virus wordt door de geslachten *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* en *Coquiletidia* overgedragen.

2.1.1.1.66 Overigen

Naast de bovengenoemde virussen is er ook serologisch bewijs voor het voorkomen van het Semliki Forest complex virus in Centraal en Zuid-Europa.

2.1.1.1.67 Bacteriën

2.1.1.1.68 Tularaemia

Tularemie is een bacteriële zoönose veroorzaakt door *Francisella tularensis*. Deze bacterie is één van de meest virulente bacteriën. Infecties vinden in hoofdzaak incidenteel plaats, rechtstreeks door

besmettingsbronnen van dierlijke oorsprong (zoals met uitwerpselen besmet hooi en stro), indirect via steekmuggen (Jaenson 1990) en teken of via oppervlaktewater. Evenals voor vele diersoorten is *F. tularensis* ook voor de mens een virulente ziekteverwekker. *F. tularensis* type B komt voor in Europa, Azië en Noord-Amerika (Jaenson 1990). Het veroorzaakt epidemieën onder bijvoorbeeld bevers, muskusratten en muizen. In Nederland is slechts eenmaal, bij een dode haas, *F. tularensis* aangetroffen. Men moet zich echter realiseren dat dit micro-organisme alleen met gerichte isolatietechnieken is te detecteren.

2.1.1.1.69 Protozoa

Zie paragraaf 2.3.2 Malaria.

2.1.1.1.70 Wormen

2.1.1.1.71 Filariasis

De overdracht van filariasis (veroorzaakt door *Dirofilaria immitis*) geschiedt door *Anopheles*, *Culex*, *Cocquilettidia* en *Aedes* soorten (WHO 1989).

BIJLAGE

2

INRICHTINGSPLAN
(VERSIE 24-04-
2024)

Inrichtingsplan Natura 2000-gebied
Landgoederen Oldenzaal
herziening n.a.v. uitspraak Raad van State

Deelgebied Liesketbeek/Snoeyinksbeek

Datum: 24 april 2024

Inhoud

Inleiding	4
1. Beschrijving van het plangebied	6
2. Toelichting op de Natura2000-opgave	8
De opgave; instandhoudingsdoelstellingen	8
Knelpunten die benoemd zijn in het Beheerplan	9
Aanvulling knelpunten door het MAP-team	9
Maatregelen die benoemd zijn in het Beheerplan	10
Conclusies MAP-team t.a.v. de knelpunten (o.b.v. stroomgebiedsanalyse)	10
3. Beschrijving van de actuele situatie	12
Werkwijze bepalen huidig gebruik, knelpunten en maatregelen.....	12
Grondgebruik	12
Invloed op habitat	12
Oppervlaktewater	12
Topografie	13
Bodem	13
Grondwater	13
Waterkwaliteit	14
Bodemchemie	14
4. Risicoschatting hydrologie en eutrofiëring	16
Werkwijze	16
Hydrologie.....	16
Eutrofiëring	16
5. Onderbouwing en toelichting maatregelen	18
Oppervlaktetes maatregelen per perceel	21
Gedetailleerde beschrijving maatregelen.....	25
Onderbouwing breedte en inrichting robuuste bufferzones.....	31

Bijlagen

Bijlage 1: Maatregelkaart op A3-formaat

Bijlage 2: Stromingsrichting oppervlaktewater

Bijlage 3: stroomgebiedsrapportage Snoeyinksbeek bovenloop d.d. 8-11-2018, los bijgevoegd

Bijlage 4: stroomgebiedsrapportage Snoeyinksbeek middenloop d.d. 8-11-2018, los bijgevoegd

Bijlage 5: Advies NMI juli 2023; Fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater beperken. Uitwerking maatregelen voor drie percelen in Losser

Inleiding

Context

Om de achteruitgang van de biodiversiteit te stoppen hebben de lidstaten van de Europese Unie een Europees netwerk van natuurgebieden aangewezen; de Natura 2000-gebieden. Het zijn leefgebieden voor kwetsbare en zeldzame flora en fauna. In Nederland liggen ruim 160 Natura 2000-gebieden, waarvan 24 geheel of gedeeltelijk in Overijssel. De staatssecretaris van Economische Zaken heeft deze Natura 2000-gebieden aangewezen op grond van de Wet natuurbescherming (voorheen Natuurbeschermingswet 1998). De aanwijzing van het Natura2000-gebied “Landgoederen Oldenzaal”, waar voorliggend deelgebied Liesketbeek/Snoeyinksbeek in ligt, heeft plaatsgevonden op 4 juli 2013. De Wet natuurbescherming stelt dat binnen 3 jaar na definitieve aanwijzing een Natura 2000-beheerplan moet zijn vastgesteld. Daarin is het gebied beschreven, zijn de instandhoudingsdoelstellingen benoemd en de maatregelen die nodig zijn om deze doelstellingen te behalen. Het Natura 2000-beheerplan “Landgoederen Oldenzaal” (verder in dit inrichtingsplan benoemd als ‘het Beheerplan’) is door Gedeputeerde Staten vastgesteld op 9 september 2016.

Vanuit Natura 2000 ligt er een grote natuurherstelopgave. Uitvoering ervan is noodzakelijk om de instandhoudingsdoelstellingen te halen ten behoeve van de aangewezen habitattypen en -soorten. Het is duidelijk dat de natuurherstelmaatregelen grote impact zullen hebben op aanwezige landbouwbedrijven. Met name de verwachte natschade en beperkingen in de bemesting (en als gevolg daarvan lagere opbrengsten) kunnen een groot knelpunt vormen, waarvoor een passende oplossing moet worden gezocht.

Aanpak oorspronkelijk vastgesteld definitief PIP/Inrichtingsplan

Voor de gedetailleerde uitwerking van de natuurherstelmaatregelen in Landgoederen Oldenzaal, zoals opgenomen in het Beheerplan, heeft de provincie in 2016 een drietal onafhankelijke deskundigen benoemd, die gezamenlijk het MAP-team hebben gevormd (MAP staat voor MaatwerkAanPak). Zij hebben per deelgebied onderzoek gedaan naar de knelpunten en benodigde maatregelen. De grenzen van de deelgebieden zijn gebaseerd op de stroom- en afwateringsgebiedenkaart van waterschap Vechtstromen. De deelgebieden worden daarom stroomgebieden genoemd en de resultaten van het onderzoek door het MAP-team zijn per deelgebied opgenomen in een stroomgebiedsrapportage. De concrete benodigde inrichtings- en beheermaatregelen die volgen uit deze stroomgebiedsrapportages zijn uitgewerkt in het Definitieve Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal (d.d. 6 mei 2019). Op 10 juli 2019 hebben Provinciale Staten, na een intensief gebiedsproces dat in 2016 is gestart, het Definitieve Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal vastgesteld. Daarbij hebben Provinciale Staten ook het benodigde Provinciaal inpassingsplan Landgoederen Oldenzaal (PIP) vastgesteld, om de realisatie van de inrichtings- en beheermaatregelen, zoals beschreven in het Definitieve Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal, mogelijk te maken en planologisch te borgen.

Uitspraak Raad van State voor voorliggend deelgebied

Het voorliggende deelgebied Liesketbeek/Snoeyinksbeek binnen Landgoederen Oldenzaal was in eerste instantie opgenomen in het door Provinciale Staten op 10 juli 2019 vastgestelde Definitieve PIP/Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal. Naar aanleiding van ingesteld beroep tegen het definitief vastgestelde PIP, heeft de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State op 30 juni 2021 onder meer het deel van het PIP nietig verklaard voor zover het betrekking heeft op voorliggend deelgebied Liesketbeek/Snoeyinksbeek ([Uitspraak 201906892/1/R3; ruimtelijkeplannen.nl](https://uitspraak.raadvanstate.nl/uitspraak/201906892/1/R3;ruimtelijkeplannen.nl)). Als reden voor het nietig verklaren van het PIP voor dit deelgebied, heeft de Afdeling

aangegeven dat de provincie het besluit onvoldoende zorgvuldig heeft voorbereid, gelet op de consequenties van de maatregelen voor het betreffende bedrijf. De Afdeling oordeelt dat nut en noodzaak van het treffen van de maatregelen om de Natura2000 doelen te behalen voldoende is onderbouwd.

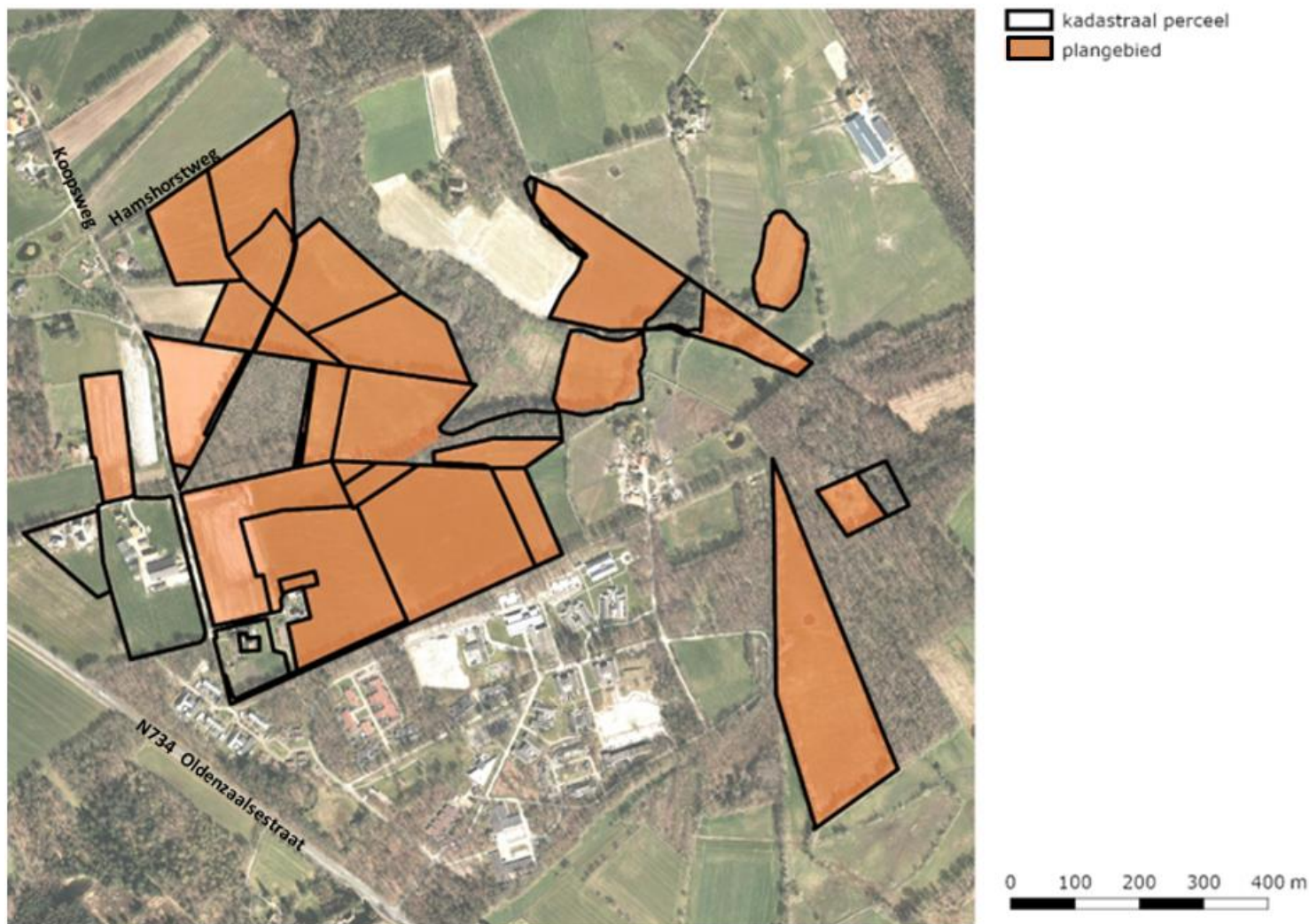
Aanpak na de uitspraak van de Raad van State

Omdat de Afdeling heeft geoordeeld dat nut en noodzaak van de natuurherstelmaatregelen voldoende onderbouwd zijn, brengt de provincie voor het deelgebied Liesketbeek/Snoeyinksbeek een herstel-PIP in procedure.

De provincie heeft na de uitspraak van de Raad van State een ultieme poging gedaan om er, bij de uitwerking van de maatregelen, met betrokken eigenaren minnelijk uit te komen. Daarbij heeft de provincie getracht om met de opnieuw uitgewerkte maatregelen de gevolgen voor de bedrijfsvoering zoveel als mogelijk te beperken. De eigenaren hebben aangegeven dat ze denken dat er alternatieve maatregelen mogelijk zijn die minder impact op de bedrijfsvoering hebben. Op basis van de aspecten die de eigenaren hebben aangegeven en binnen de kaders van wat mogelijk is ten aanzien van de Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen, heeft de provincie een maatregelenpakket opgesteld waarover juli 2023 op inhoud mondeling overeenstemming is bereikt met de eigenaren. Dit alternatieve maatregelenpakket is in voorliggend inrichtingsplan uitgewerkt.

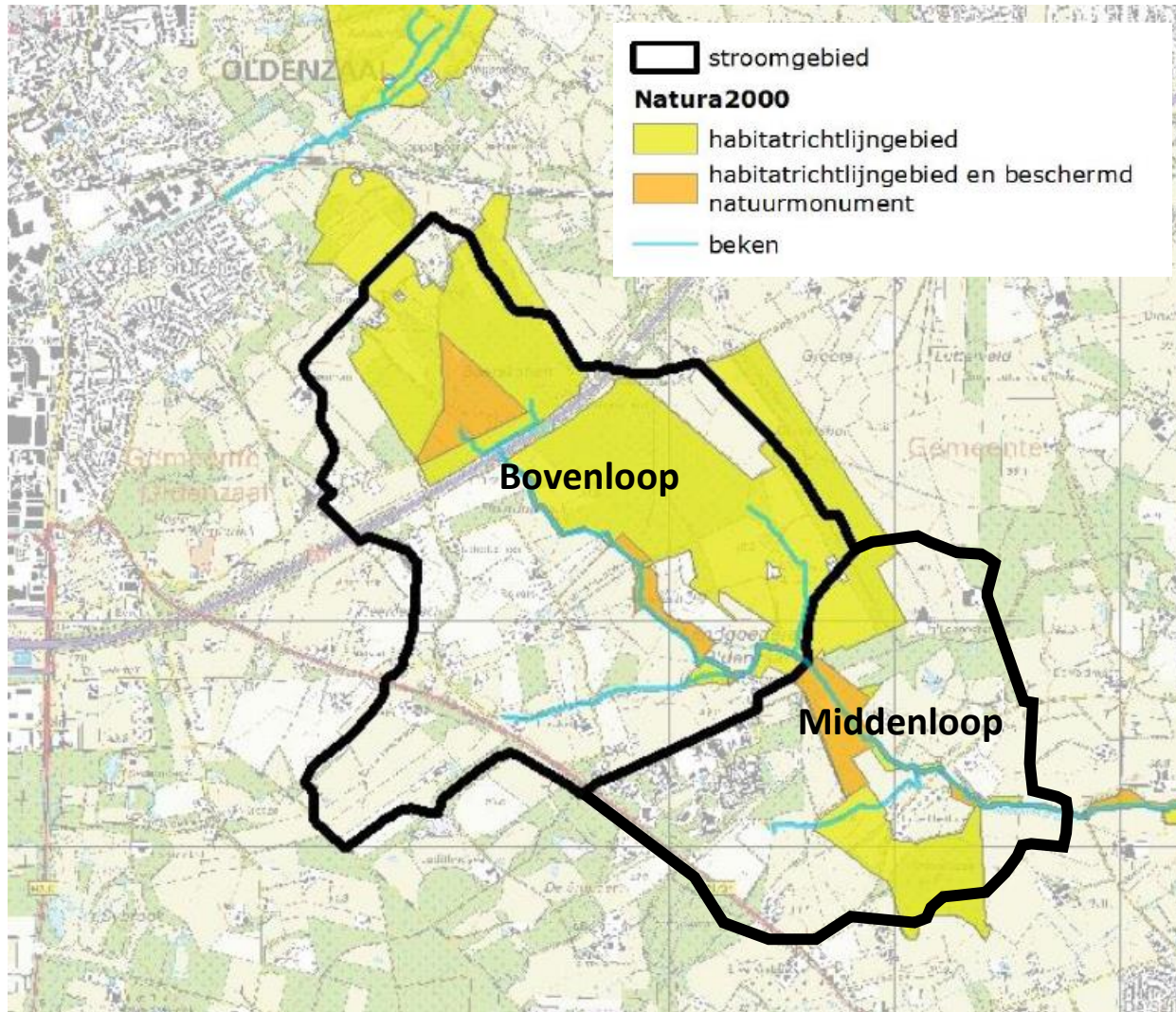
1. Beschrijving van het plangebied

De ingekleurde percelen in onderstaande kaartje, waarvoor geldt dat het PIP Landgoederen Oldenzaal door de Raad van State nietig is verklaard, vormen de basis voor dit nieuwe inrichtingsplan. Voor al deze percelen is opnieuw beoordeeld of er maatregelen denkbaar zijn met minder negatieve impact op de agrarische bedrijfsvoering. De (delen van) percelen die gekleurd zijn weergegeven, zullen opgenomen worden in het herstel-PIP (een herstel-projectbesluit vanaf 2024), om de bestemming van de percelen te wijzigen.



Figuur 1: Plangebied

De percelen liggen in het stroomgebied van de Snoeyinksbeek, merendeels in de bovenloop en een klein deel in de middenloop van deze beek (zie figuur 2). De Snoeyinksbeek ontspringt op de flanken van de Tankenberg en de Paaschberg; de hoogste punten van de stuwwal van Oldenzaal-Enschede en daarmee ook van de Provincie Overijssel. Het stroomgebied van de beek kenmerkt zich door een afwisseling van gangbare agrarische percelen, grotendeels in gebruik voor de melkveehouderij (deels als grasland en deels als maisland), met daarnaast extensieve natuurlijke graslanden en bossen, waarvan een deel in beheer is bij de Vereniging Natuurmonumenten. De beek is met haar aanliggende gronden als beschermd natuurmonument aangewezen.



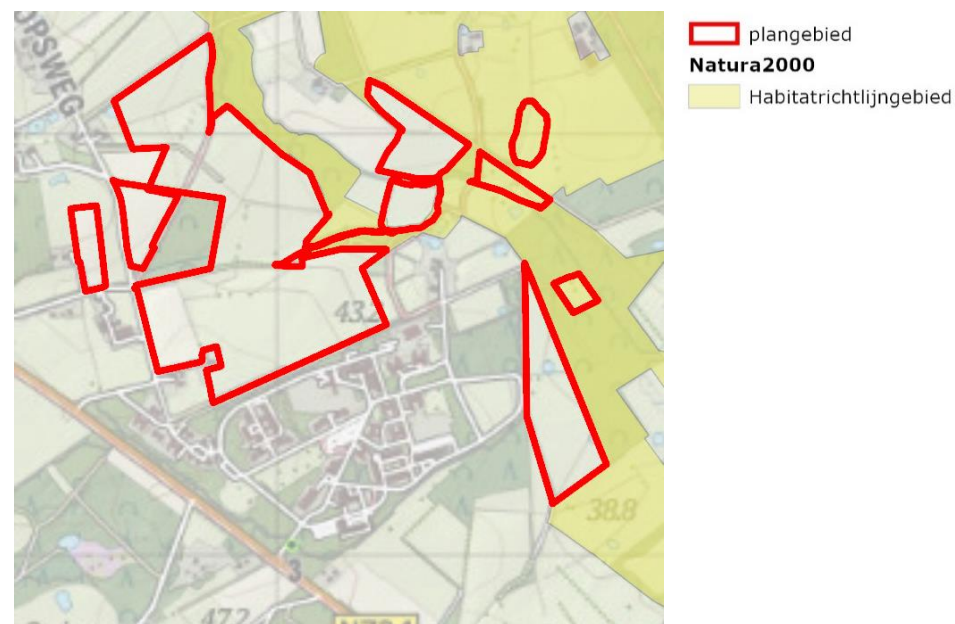
Figuur 2: Stroomgebied Snoeyinksbeek bovenloop en middenloop

2. Toelichting op de Natura2000-opgave

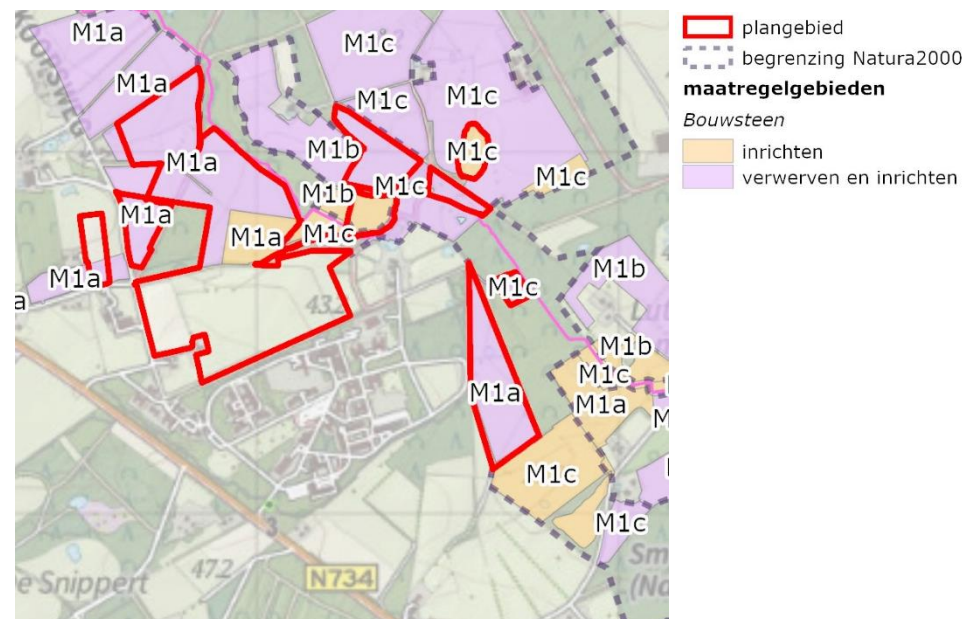
De opgave; instandhoudingsdoelstellingen

In figuur 3 is de ligging van het plangebied ten opzichte van het Natura 2000-gebied aangegeven. Het plangebied grenst aan het Natura 2000-gebied en enkele percelen liggen erbinnen. In het Natura 2000-Beheerplan is aangegeven welke maatregelen op hoofdlijnen noodzakelijk zijn om de instandhoudingsdoelen voor de habitattypen Vochtige alluviale bossen, Eiken-haagbeukenbossen en Beuken-eikenbossen met hulst te realiseren. In figuur 4 zijn de percelen aangegeven waarvoor in het Beheerplan op hoofdlijn maatregelen zijn geformuleerd. De benoemde knelpunten en maatregelen zijn door middel van de in de inleiding genoemde Maatwerk Aanpak (MAP) in het veld beoordeeld en verder uitgewerkt. Hierbij heeft het deskundigenteam (het MAP-team) stroomgebiedsanalyses opgesteld waarin uitgebreid wordt ingegaan op de aanwezige knelpunten, de relaties tussen het agrarische gebruik en de habitats in het Natura 2000-gebied en de benodigde maatregelen om de knelpunten op te lossen. De stroomgebiedsrapportages voor de Snoeyinksbeek bovenloop en middenloop zijn voor de gedetailleerde onderbouwing respectievelijk als bijlage 3 en 4 bij dit inrichtingsplan opgenomen.

De percelen zoals die in het Beheerplan zijn opgenomen en waarvoor maatregelen zijn geformuleerd om de knelpunten op te lossen zijn in het Beheerplan aangeduid met de term 'uitwerkingsgebied'. In figuur 4 zijn deze uitwerkingsgebieden in oranje en paars weergegeven. Hier is zichtbaar dat niet alle percelen in het plangebied zijn aangewezen als uitwerkingsgebied. Uit de stroomgebiedsanalyses is echter gebleken dat enkele percelen buiten het uitwerkingsgebied ook invloed op het habitat hebben. Deze percelen zijn daarom op dezelfde wijze onderzocht en daar waar knelpunten zijn geconstateerd zijn ook maatregelen geformuleerd. Die percelen zijn om deze reden in 2017 toegevoegd aan het uitwerkingsgebied en zijn sindsdien aangeduid met de term 'aandachtsgebied'. Dit betreft enkele percelen aan weerszijden van de Liesketbeek; in figuur 4 betreft dit de percelen met een rode omlijning, maar zonder opvulling. Deze percelen maken deel uit van het plangebied, omdat er wel maatregelen nodig zijn.



Figuur 3: Begrenzing Natura2000-gebied (gele arcering)



Figuur 4: Uitwerkingsgebieden zoals opgenomen in het Beheerplan

Knelpunten die benoemd zijn in het Beheerplan

De percelen in het plangebied hebben vooral een relatie met het habitattype Vochtig alluviaal bos. In figuur 5 is de locatie van dit habitat weergegeven. Het betreft het vochtig alluviaal bos ten zuiden van de Hamshorstweg. Verder hebben de percelen een relatie met het vochtig alluviaal bos verder stroomafwaarts; het Duivelshofbos (bosreservaat).

De problemen voor de instandhouding van Vochtig alluviaal bos zijn in het Beheerplan vertaald naar knelpunten, zoals in de tabel hiernaast is weergegeven. Het gaat hier om een aantal hydrologische knelpunten die betrekking hebben op de hoeveelheid grond- en oppervlaktewater die in delen van het jaar tot verdroging van het Vochtig alluviaal bos leiden, en op andere momenten tot inundaties door hevige buien. Daarnaast en daardoor zijn er knelpunten met betrekking tot eutrofiëring van bodem-, grond- en oppervlaktewater, waardoor in het habitat vermestingsverschijnselen zijn opgetreden. Beide effecten, verdroging en vermesting, hebben een sterk negatief effect op de kwaliteit van Vochtige alluviale bossen. Als deze knelpunten niet worden opgelost leidt dit tot verlies van oppervlakte wat kwalificeert als Vochtig alluviaal bos. De Wet natuurbescherming verbiedt een afname van kwaliteit en oppervlakte ten opzichte van de situatie ten tijde van de aanwijzing van het Natura 2000-gebied.

Aanvulling knelpunten door het MAP-team

Op basis van de kenmerken van het stroomgebied van de Snoeyinksbeek bovenloop en middenloop en het verrichtte veldonderzoek bodem en hydrologie, heeft het MAP-team aanleiding gezien om ook het knelpunt 'piekafvoer' te onderzoeken. Hoge piekafvoeren kunnen zorgen voor uitslijting van de beek, waardoor deze dieper wordt en daarmee een steeds sterker drainerend effect heeft.

De resultaten van het verrichtte veldonderzoek en de uitgebreide onderbouwing hiervan is opgenomen in de stroomgebiedsrapportages (zie bijlage 3 en 4).

Relevante knelpunten zoals benoemd in het Beheerplan (t.a.v. H91E0C; Vochtige alluviale bossen)		
K2	Ontwatering door grondwateronttrekkingen (berekening) voor landbouw binnen en buiten Natura 2000-gebied	G
K4	Ontwatering door verdiepen en normaliseren beken	G
K5	Ontwatering door aanwezigheid sloten/greppels binnen Natura 2000-gebied.	G
K6	Externe eutrofiëring door toestroming nutriëntenrijk grond- en oppervlaktewater door bemesting intrekgebied binnen en buiten Natura 2000-gebied.	G
K7	Externe eutrofiëring door overstroming met nutriëntenrijk beekwater door bemesting in- trekgebied binnen en buiten Natura 2000- gebied.	G
K8	Interne eutrofiëring door mineralisering van humusrijke bodem, onder invloed van verdroging.	K

G: effect aangetoond of waarschijnlijk: groot knelpunt

K: effect aangetoond of waarschijnlijk: klein knelpunt

Maatregelen die benoemd zijn in het Beheerplan

In het Beheerplan worden voor het stroomgebied van de Snoeyinksbeek de volgende maatregelen voorgesteld om de knelpunten op te heffen (letterlijke tekst uit het Beheerplan):

“M1 Herinrichting Snoeyinksbeek

Om de knelpunten in de Snoeyinksbeek op te kunnen lossen, is een integraal herstelplan voor het gehele beekdal nodig. Hier ligt daardoor ook een relatie met het Natura 2000-gebied Dinkelland. Hiertoe behoren het verwerven en inrichten van gronden buiten Natura 2000-begrenzing (zowel gronden op de westflank (M1a), als op de oostflank (M1b)), het verwerven en inrichten van gronden binnen de begrenzing (M1c) en het verondiepen van de Snoeyinksbeek zelf (M1d).

De aangegeven percelen dienen verworven en ingericht te worden om:

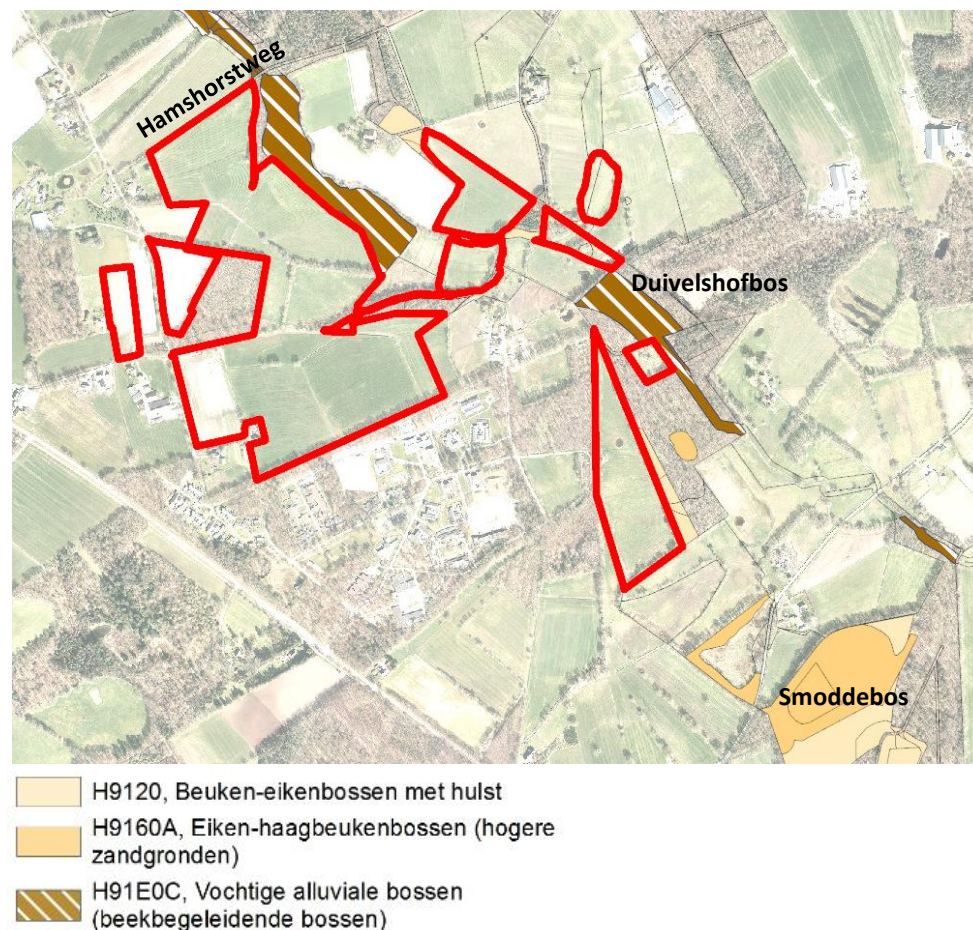
- de Snoeyinksbeek te kunnen verondiepen;*
- de inspoeling van meststoffen vanuit landbouw te verminderen;*
- detailontwatering verondiepen of dempen.”*

De maatregelen zoals die in het Beheerplan zijn geformuleerd zijn niet gedetailleerd genoeg uitgewerkt om uit te kunnen voeren. Op basis van het uitgebreide onderzoek dat sinds 2016 is uitgevoerd, heeft de Provincie de maatregelen gedetailleerd en in dit Inrichtingsplan vastgelegd.

Conclusies MAP-team t.a.v. de knelpunten (o.b.v. stroomgebiedsanalyse)

Langs de Snoeyinksbeek komt Vochtig alluviaal bos voor. De kwaliteit en soortendiversiteit is niet overal goed. Verdroging is de belangrijkste oorzaak van de matige soortendiversiteit. Uit metingen is gebleken dat de beekbodem dieper ligt dan de ondergrens van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) van het naastgelegen Vochtig alluviale bos van het type Vogelkers-essen-bos. Op locaties waar deze ondergrens van 0,6 m-mv overschreden wordt (waar de beek dus dieper dan 60 cm is), heeft de beek een verdrogend effect op het habitatype. Dit verdrogend effect treedt met name op in de directe omgeving van de diepe waterloop. Bij grote piekafvoeren van de Snoeyinksbeek kan op drie plaatsen oppervlaktewater het habitat binnenstromen. Daar heeft zich een ruigte ontwikkeld waarin Grote brandnetel domineert.

Dit duidt op eutrofe (voedselrijke) omstandigheden (knelpunten K6 en K7 uit het Beheerplan).



Figuur 5: Habitattypen

Ten aanzien van het knelpunt verdroging door verdiepen en normaliseren beken (K4) speelt een aantal punten een rol: In het gehele gebied komt keileem voor, op de meeste percelen tot aan maaiveld en soms onder een dunne laag (dek)zand of beek-afzettingen (maximaal 1,2 m dik). Keileem is slecht doorlatend, waardoor grondwater slechts beperkt kan infiltreren en grondwater alleen lateraal stroomt in de dunne pakketten zand. De Snoeyinksbeek, met de Liesketbeek als zijbeek, is een beek die sterk neerslag-afhankelijk is: vanwege de slecht doorlatende ondergrond reageert het oppervlaktewater snel op neerslag en vertoont daardoor veel pieken in de afvoer. Vanwege het (zeer) dunne watervoerende pakket is de grondwaterstroming zeer beperkt en is de basisafvoer van de beek laag. Tijdens langere periode met neerslagtekort (zoals in de zomer) valt de beek droog. Daarbij zorgt de verdiept aangelegde snelweg A1 ervoor dat een deel van het water in het oorspronkelijke intrekgebied van de Snoeyinksbeek afgekoppeld is, waardoor de (basis)afvoer van de beek sinds de aanleg van de A1 lager is geworden. Ook zorgen ontwateringssloten en buisdrainage voor (versnelde) afvoer van grondwater, zodat de Snoeyinksbeek eerder droog valt dan vanuit een natuurlijke situatie normaal is (K5).

In het stroomgebied wisselen extensief gebruikte percelen (enkele stuks vee, lage bemestingsgraad) af met intensief gebruikte percelen, waaronder een aantal maïspancelen. Om de knelpunten ten aanzien van verdroging en eutrofiëring aan te pakken zullen er op- en langs deze agrarische percelen maatregelen moeten worden genomen, zoals het ophogen van de beekbodem, afkoppelen van buisdrainage, verondiepen van greppels/sloten en de aanleg van randdammen. Daarnaast moet een aantal maïspancelen permanent als grasland gebruikt gaan worden, omdat dit leidt tot afname van de nutriëntenbelasting op de beek. Ook zijn er op meerdere graslandpercelen bemestingsbeperkende maatregelen nodig om de eutrofiëring van het habitat te beperken.

Op basis van meerdere terreinbezoeken, in de periode van 2018 tot heden, is gebleken dat de bevindingen en conclusies, zoals die op basis van onderzoek in de periode van 2016 tot 2018 in de Stroomgebiedsrapportages zijn opgenomen, onveranderd actueel zijn en dat er maatregelen nodig zijn om de aanwezige knelpunten op te lossen. De actuele bevindingen en benodigde maatregelen zijn verwerkt in voorliggend inrichtingsplan.

3. Beschrijving van de actuele situatie

Werkwijze bepalen huidig gebruik, knelpunten en maatregelen

Voor het bepalen van het huidige gebruik, de knelpunten en de noodzakelijke maatregelen is veld- en bureauonderzoek gedaan en zijn gesprekken gevoerd met grondeigenaren. In dit hoofdstuk is weergegeven op welke manier percelen worden gebruikt en wat de detailontwatering is. Ook is nagegaan wat de relatie van de percelen is met het ecohydrologisch systeem. Met andere woorden: 'op welke wijze beïnvloedt (het gebruik van) een perceel de aangewezen habitattypen'. Voor hydrologische knelpunten gaat het daarbij zowel om grondwater als oppervlaktewater. Ten aanzien van het knelpunt van eutrofiëring geldt dat het transport van nutriënten grotendeels via grondwater en oppervlaktewaterstromen loopt, dus dat daarbij ook de hydrologische situatie in grote mate bepalend is. In het veld zijn daarvoor bodemopbouw en lokale hydrologische kenmerken beoordeeld. In de stroomgebiedsrapportages (zie bijlage 3 en 4) zijn de verzamelde gegevens weergegeven.

Grondgebruik

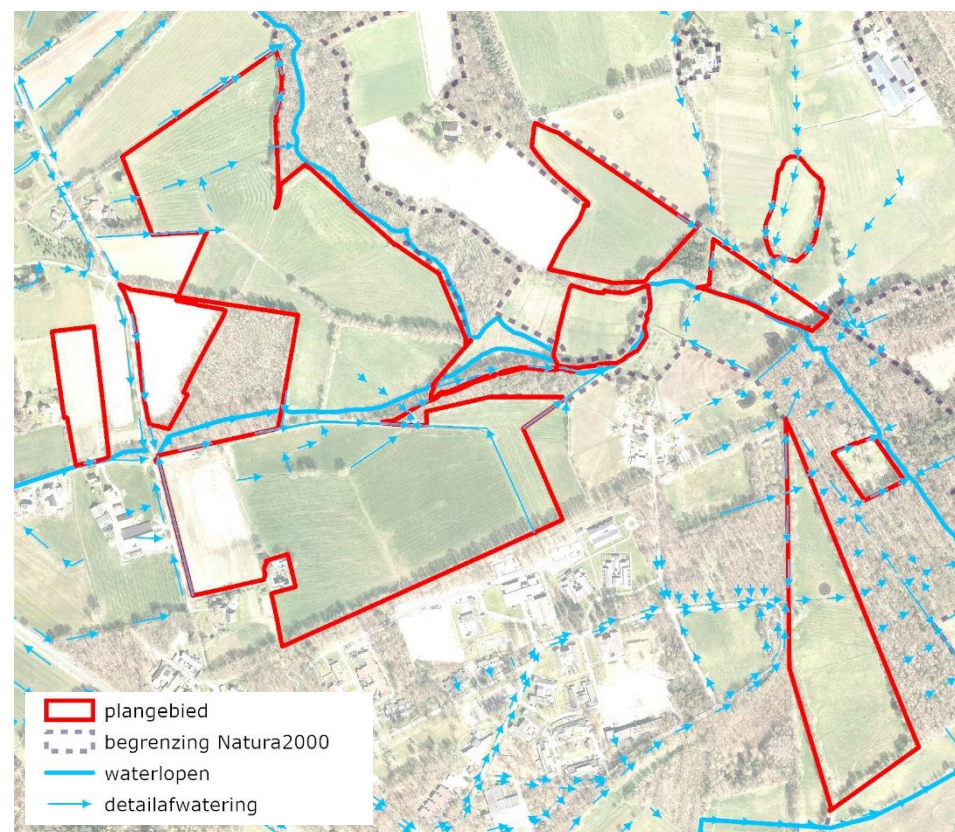
De grond in het plangebied is in gebruik bij agrarische bedrijven, voornamelijk als grasland en voor het overige deel voor de teelt van maïs. Het grootste deel van de percelen heeft de agrarische bestemming. De percelen binnen het Natura2000-gebied hebben de natuurbestemming, maar het beheer ervan wordt ingepast in agrarische bedrijfsvoering door het hooi te gebruiken en enkele percelen extensief te beweiden.

Invloed op habitat

De percelen liggen op de flanken van het beekdal. Via het oppervlaktewater (inclusief het door de bouwvoor stromende water), dat vanaf de percelen afstroomt naar de beek, worden zowel de waterkwantiteit als de waterkwaliteit beïnvloed. Het habitatype Vochtige alluviale bossen langs de beek vraagt om vochtige tot (zeer) natte, zwakke tot matig nutriëntrijke omstandigheden.

Oppervlaktewater

In een aantal percelen liggen (veelal ondiepe) sloten, die afwateren op de Liesketbeek en Snoeyinksbeek. Het oppervlaktewatersysteem is in figuur 6 weergegeven (en tevens op groter formaat in bijlage 2 opgenomen). De beek reageert erg snel op neerslag: door de sterke helling en de veelal slecht doorlatende ondergrond komt regenwater snel tot afvoer, wat leidt tot hoge piekafvoeren.



Figuur 6: Sloten en greppels en stromingsrichting oppervlaktewater

Topografie

De percelen in het plangebied liggen in relatief sterk hellend terrein met hoogteverschil van maximaal 3 meter per 100 m (zie ook de hoogtekaart in figuur 7). Het hoogste punt van het plangebied ligt op circa 51,0 m +NAP; het laagste punt op circa 38,5 m +NAP.

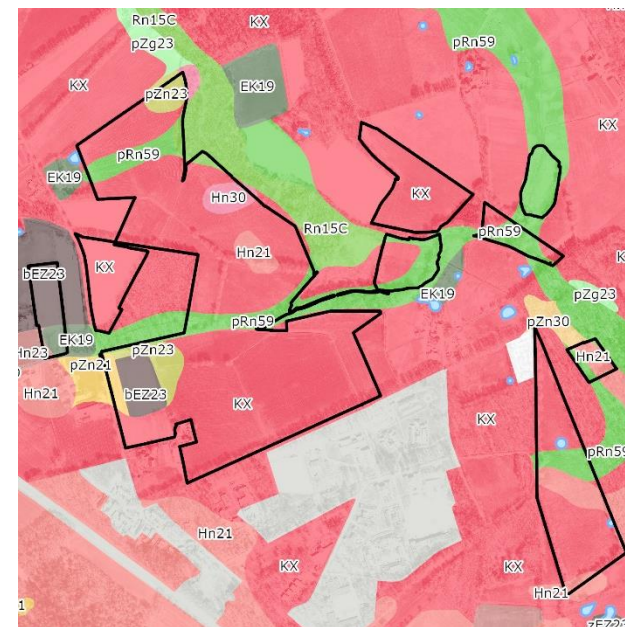
Bodem

De percelen liggen op de flank van het beekdal (beekkleigronden lichtgroen in figuur 8). Slecht doorlatend keileem komt daarbuiten veelvuldig voor aan de oppervlakte (hardroze in figuur 8).

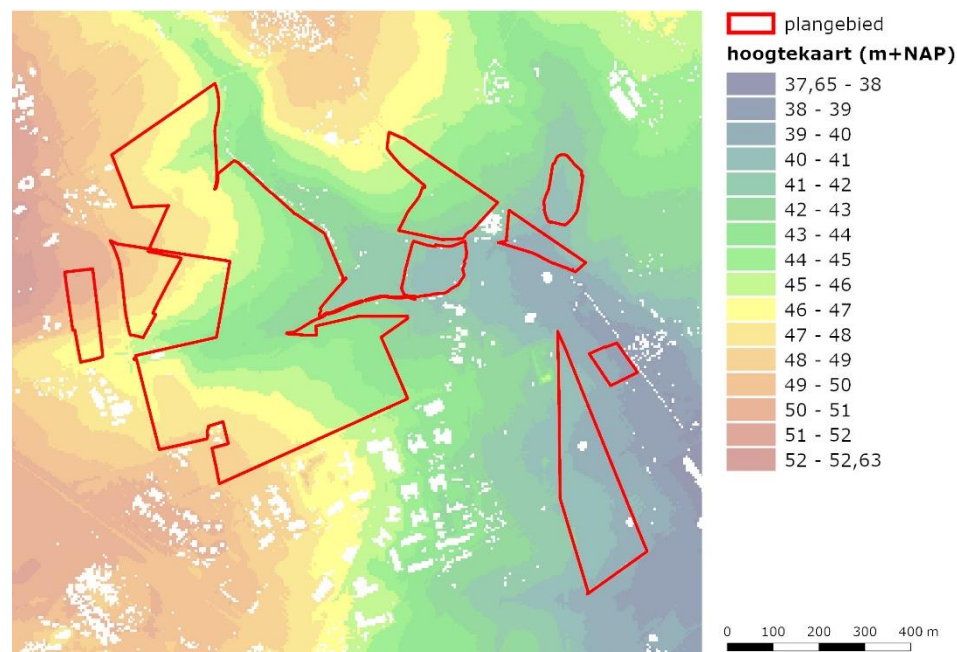
Grondwater

Het grondwater op de percelen komt over het algemeen hoog in de winter (soms binnen 25 cm onder maaiveld) en zakt in de zomer diep uit, tot onder de 1,2 m onder maaiveld. Dit komt overeen met een grondwatertrap V of Vb.

De percelen H6990, H5797, H5388, H5389 en H4338 zijn gedraineerd (weergegeven in figuur 9). Mede daardoor blijven met name in het voorjaar de grondwaterstanden in die percelen lager dan in de gewenste natuurlijke situatie. Op de laagste grondwaterstanden in de zomer heeft deze drainage geen invloed, omdat die lager liggen dan de drains; wel wordt neerslag sneller afgevoerd (wat bijdraagt aan de hoge piekafvoeren) en vindt er minder aanvulling van het grondwater plaats.



Figuur 8: Bodemkaart



Figuur 7: Hoogtekaart



Figuur 9: Gedraineerde percelen (blauw)

Waterkwaliteit

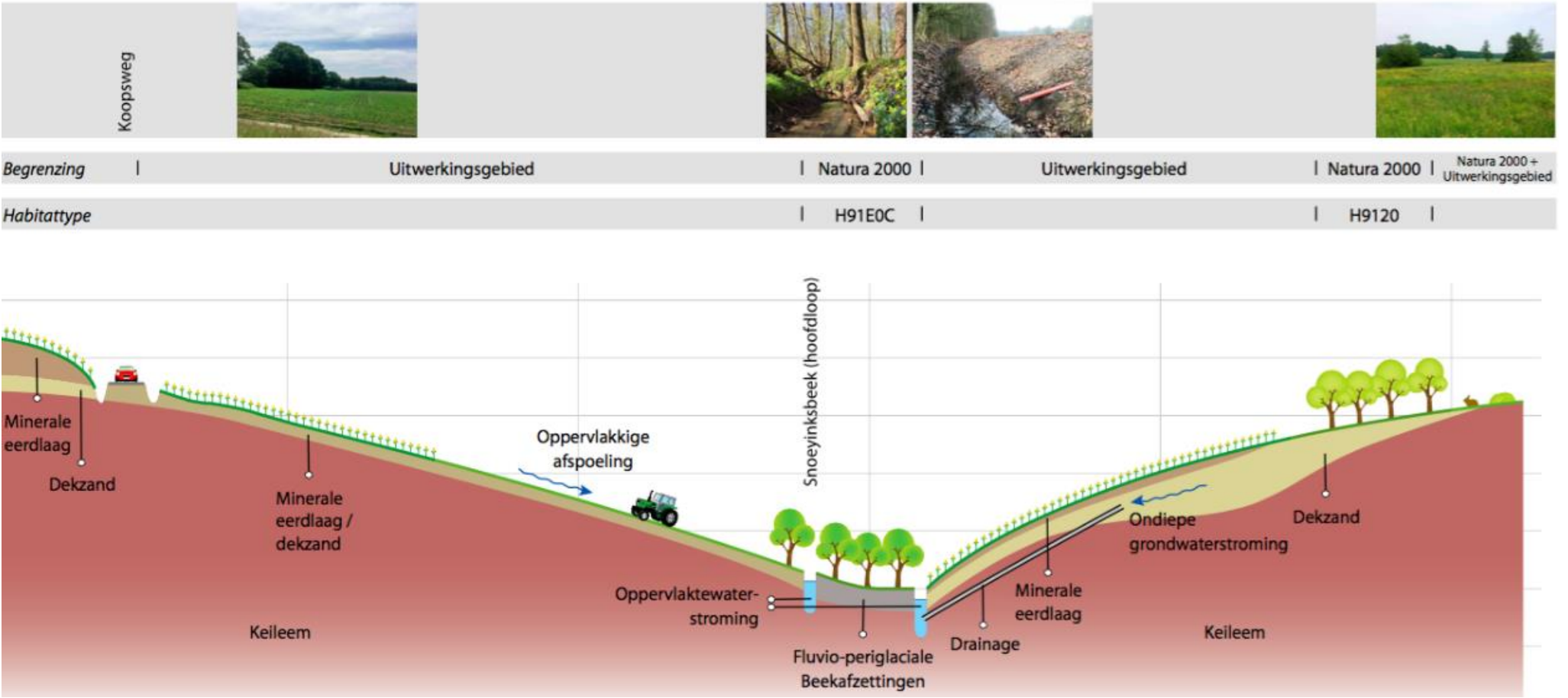
De waterkwaliteitsgegevens tonen aan dat de waarden voor stikstof en fosfor in het stroomgebied van de Snoeyinksbeek hoger zijn dan de KRW-norm (voor fosfor is dat 0,1 mg/L P-totaal en voor stikstof 2,3 mg/L N-totaal). Wat betreft voedselrijkdom zijn licht tot matig voedselrijke omstandigheden de optimale abiotische randvoorwaarden voor het habitatype Vochtige Alluviale bossen (Profielbeschrijvingen habitatype 91E0). Dit is door Alterra (De Waal en Hommel, 2017; OBN rapport No. 217-HE) nader onderbouwd tot een matige invloed van vermesting op dit habitatype. In 2016 zijn in zijlopen van de Snoeyinksbeek aanvullende analyses gedaan van de nutriënten-concentraties in het oppervlaktewater. De N-totaal en P-totaal concentraties in de Liesketbeek (4 meetpunten in 2016) zijn van dezelfde ordegrootte als van de eerdere metingen in de Snoeyinksbeek. P-totaal is gemiddeld voor de 4 metingen in de Liesketbeek 0,36 mg/L.

Op basis van expert judgement is ingeschat dat deze hoge nutriëntenconcentraties van stikstof en fosfor een bedreiging vormen voor de instandhouding van de aanwezige Vochtige alluviale bossen. Dit geldt met name als deze bossen worden geïnundeerd met nutriëntenrijk oppervlaktewater uit de Snoeyinksbeek. Een relatie tussen fosforconcentraties in het oppervlaktewater en de abiotische randvoorwaarden van het beekbegeleidend bos is moeilijk expliciet in harde getallen vast te leggen, omdat de bindingscapaciteit van de bodem bepalend is voor de daadwerkelijke beschikbaarheid van het fosfor voor de vegetatie dat met het inundatiewater wordt aangevoerd. De bindingscapaciteit van de bodem wordt bepaald door de aanwezigheid van ijzer- en aluminium (hydr-)oxiden in de bodem. Er zijn daarom geen grenswaarden voor stikstof of fosfor in het oppervlaktewater in relatie tot beekbegeleidend bos. Om die reden wordt teruggevallen op normen die worden gehanteerd voor de KRW. De conclusie is dat de huidige waterkwaliteit een knelpunt vormt. Fosfor wordt als groter knelpunt ervaren dan stikstof.

Bodemchemie

Op basis van de conclusie dat met name de fosfor (P) concentratie in het oppervlaktewater een risico zou kunnen vormen voor het Vochtig alluviaal bos langs de Snoeyinksbeek is nagegaan welke bovenstrooms gelegen percelen een verhoogd risico geven op P-emissies naar het oppervlaktewater. Hier is de bemestingsmaatregelenwijzer (Groenendijk et al, 2016) voor gebruikt. Bemonstering van de bodemchemie in augustus 2016 (uitgevoerd door het Nutriënten management instituut; NMI) en in opdracht van Forfarmers door Eurofins uitgevoerd in november 2022, geeft inzicht in onder meer de hoeveelheid fosfaat (P) en stikstof (N) in de bodem. Hieruit blijkt dat de fosfaattoestand van de bovengrond (0-30cm) in een groot aantal van de graspercelen laag was. Toch was er ook een aantal percelen met een relatief hoge fosfaattoestand. De hoge fosfaattoestand blijkt zowel uit de directe plantbeschikbare fosfaat ($P-CaCl_2 > 1,5 \text{ mg P/kg}$) als uit de fosfaatvoorraad ($P-AL > 40 \text{ mg } P_2O_5/100 \text{ g}$) en de fosfaatverzadigingsgraad ($FVG > 25\%$). Op de drie percelen in het plangebied met de hoogste fosfaattoestand wordt in ieder geval vanaf 2016 (en waarschijnlijk al eerder) tot op heden continu maïs verbouwd. Op basis van de gemeten waarden aan fosfaat is op deze drie percelen sprake van een verhoogd risico van P-emissies. Dit is in een advies voor maatregelen om deze emissies te beperken door NMI (juli 2023) bevestigd (zie bijlage 5).

Om aan te geven hoe de bodemopbouw en de belangrijkste hydrologische processen eruit zien, is een illustratie van een geohydrologische dwarsdoorsnede van het stroomgebied van de Snoeyinksbeek bovenloop weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 10: Geohydrologische dwarsdoorsnede

4. Risicoschatting hydrologie en eutrofiëring

Werkwijze

Ten aanzien van het bepalen van de risico's vanuit de hydrologie op de Natura 2000 instandhoudingsdoelen is in de periode 2016 t/m 2018 uitgebreid veldwerk verricht, zijn peilbuizen gedurende langere tijd bemeten en zijn hydrologische effecten middels een hydrologisch model in beeld gebracht. Dit is vastgelegd in de stroomgebiedsrapportages (2018) en de daarvoor door Badus Bodem&Water uitgevoerde hydrologische onderzoeken.

Om het risico op externe eutrofiëring van beekwater en habitats vanuit landbouwpercelen per perceel in beeld te brengen is gewerkt met het stappenplan uit de handreiking bemesting (Groenendijk et al., 2016), zoals dat in de stroomgebiedsrapportages in hoofdstuk 4 is opgenomen. De bemestingsmaatregelenwijzer is als handreiking gebruikt om richting te geven aan relatieve risico's en om maatwerk maatregelen af te leiden. Voor de onderbouwing van de noodzakelijke maatregelen zijn verschillende factoren meegenomen, zoals gevoeligheid van het habitatype, bestaande knelpunten, oorzaak en herkomst van het vermestingsknelpunt en perceelskenmerken. In samenwerking met de eigenaren is onderzoeksbureau NMI in 2023 betrokken bij het actualiseren van een risico-inschatting en het adviseren ten aanzien van passende maatregelen daarvoor (zie bijlage 5).

Hydrologie

Door een intensieve detailontwatering via greppels, sloten en drainage worden grond- en oppervlaktewater versneld afgevoerd. Met sterke piekafvoeren (veel water in een korte tijd met hoge stroomsnelheden) is er een verhoogd risico op uitslijting van de Snoeyinksbeek en daarmee verdroging van Vochtig alluviaal bos. Ook vindt er door de detailontwatering minder aanvulling van grondwater plaats en daarmee minder lang nalevering van grondwater naar de beek en het habitat. Door de drainage is de voorjaarsgrondwaterstand lager dan in een natuurlijke situatie en daardoor is het risico groot op verdroging en watertekort in het latere voorjaar en de zomer, voor zowel landbouw als natuur.

Eutrofiëring

Het habitat Vochtig alluviaal bos is gevoelig voor een te hoge nutriëntenlast. Deze nutriëntenlast bestaat uit een combinatie van de stikstofdepositie en de lokale toestroom van meststoffen. Het verminderen van de stikstofdepositie valt buiten de scope van dit inrichtingsplan, maar het verminderen van de lokale toestroom van meststoffen kan wél worden aangepakt als blijkt dat deze een risico vormen voor de instandhoudingsdoelen. Door het lokaal uit- en afspoelen van meststoffen zorgt het landbouwkundig gebruik van de percelen binnen het plangebied voor een daadwerkelijk knelpunt, doordat het een negatieve invloed heeft op het habitatype Vochtig alluviaal bos. Om de invloed van het landbouwkundige gebruik te kunnen bepalen is een handreiking bemesting opgesteld (Groenendijk et al., 2016). Onderdeel van deze handreiking is een maatregelenwijzer bemesting. Deze geeft een risicoschatting voor stikstof en fosfaat en geeft mogelijke maatregelen aan om de risico's te beperken. De risico's zijn gebaseerd op perceelskenmerken en de relatie van elk perceel met aangewezen habitattypen.

Uit de maatregelenwijzer komen drie percelen naar voren die een hoog risico vormen op emissie van fosfaat. De percelen, samen circa 5 ha, zijn in gebruik voor de continue teelt van maïs. De rest van de percelen in het plangebied zijn in gebruik als grasland. Van de graspercelen is het risico van P-emissies naar het watersysteem als laag beoordeeld. Maatregelen om de risico's te beperken volgen uit de primaire transportroute voor water en nutriënten (afspoeling/uitspoeling via grond- en oppervlaktewater).

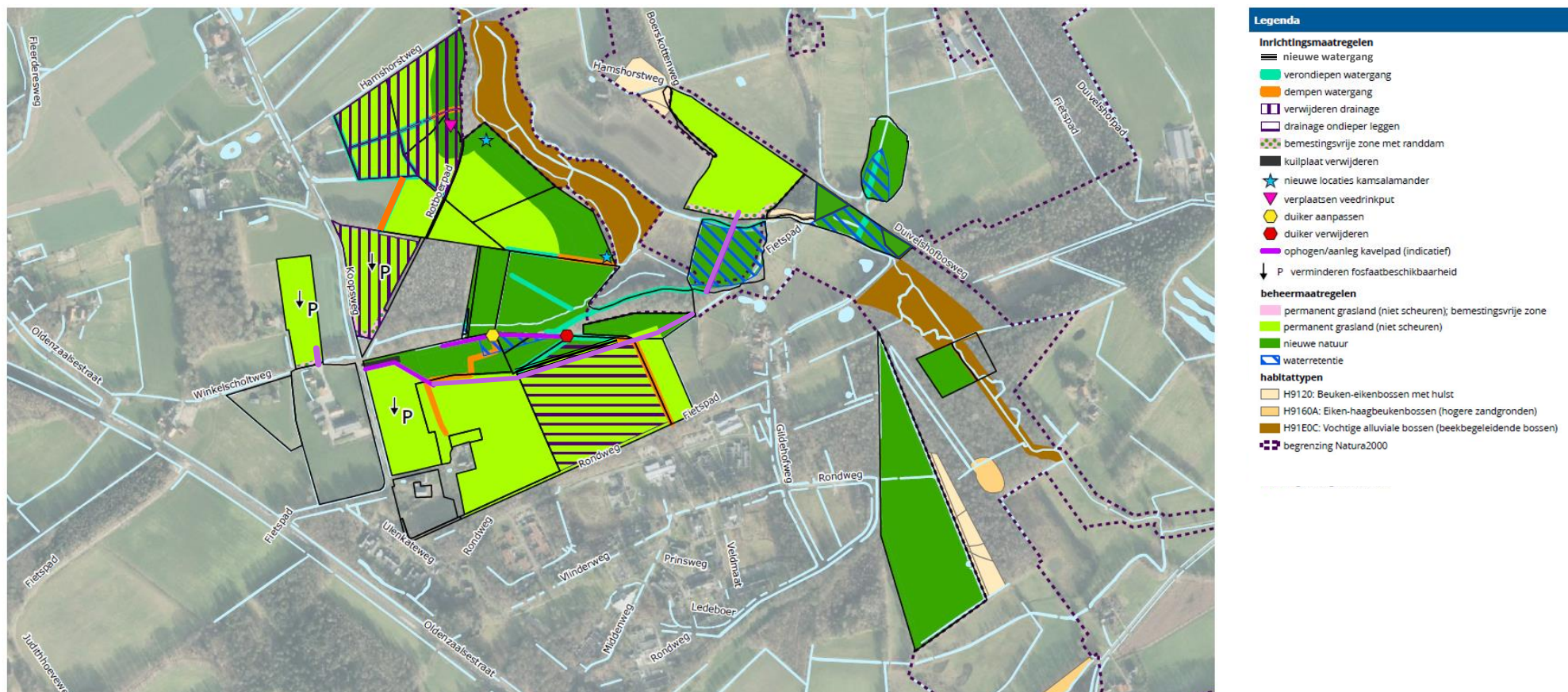
Het risico van P-emissie uit landbouwpercelen naar de aangrenzende beek kan nader worden gespecificeerd door drie processen (NMI 2023; zie bijlage 5):

1. Het risico op directe verliezen uit mestgiften door onjuiste timing, dosis, omstandigheden en plaatsing van de mestgift
2. Het risico op oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling naar de bouwvoor, door een combinatie van een hoge fosfaatbeschikbaarheid in de bodem en korte transportroutes naar de beek. Dit risico wordt versterkt door de ondoorlatende bodemlaag (ondiep keileem), een relatieve steile helling, de lage fosfaatbindingscapaciteit van de bodem en het tijdelijk zwart liggen van maispercelen; en
3. Het risico op erosie van met P verrijkte bodemdeeltjes door afkalvende oevers, steile hellingen, intensieve grondbewerking en het tijdelijk zwart liggen van de grond.

Naast uit- en afspoeling van nutriënten vanuit de percelen, vormt het kuilsap dat uit/vanaf de kuilvoerplaats loopt (op perceel H6771; relatief dicht bij de beek) ook een risico. De voedingsstoffen in de kuilsappen komen (via grond- en oppervlaktewater) uit in de Liesketbeek/Snoeyinksbeek en dragen bij aan de eutrofiëring van de beek en het daarlangs gelegen habitat.

5. Onderbouwing en toelichting maatregelen

De maatregelen die nodig zijn om de geconstateerde knelpunten ten aanzien van hydrologie en eutrofiëring op te heffen zijn op onderstaande maatregelkaart weergegeven (en op groter formaat in bijlage 1 opgenomen). Navolgend is eerst een toelichting op hoofdlijnen op de benodigde maatregelen opgenomen. In het tweede deel van dit hoofdstuk zijn de maatregelen meer in detail beschreven.



Figuur 11: Maatregelkaart

Beschrijving op hoofdlijnen

In het Inrichtingsplan zoals dat in 2019 door Provinciale Staten is vastgesteld, zijn op een groot deel van de agrarische percelen in het Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal beperkingen opgelegd in de periode van beweiding en bemesting en was op 3 percelen daarnaast de langjarige inrichtingsmaatregel 'uitmijnen fosfaat' voorzien. De wens van de betrokken eigenaren inzake het voorliggende herziene inrichtingsplan Liesketbeek/Snoeyinksbeek is echter een duidelijkere afbakening tussen agrarisch gebruik (zonder beperking) en een natuurzone (met verdergaande beperkingen) en een korte uitvoeringsperiode van de benodigde inrichtingsmaatregelen, dus geen langjarig uitmijntraject. In het voorliggende inrichtingsplan is hier zoveel als mogelijk aan tegemoet gekomen door bredere bemestingsvrije bufferzones te situeren tussen de resterende agrarische percelen zonder beperking en de beek/de natuur. De belangrijkste functie van de bufferzones is het opnemen van nutriënten die uit het achterliggend agrarisch gebied richting de beek stromen. Hoe breder de bufferzone, hoe minder groot het negatieve effect is van de invloed vanuit de landbouw op de natuur. Verder is er een alternatief uitgewerkt voor het verminderen van de fosfaatrisico's, zodat het langdurig uitmijnen, inclusief monitoren en begeleiden van dat proces niet meer nodig is. Dat alternatief bestaat uit het vastleggen van plantbeschikbare fosfaten aan ijzeroxide, dat in de bodem (de bouwvoor) wordt ingebracht.

Maatregelen knelpunt eutrofiëring

Algemeen: De beoogde maatregelen grijpen in op alle drie de processen voor het verminderen en tegengaan van fosfaatemissie uit landbouwpercelen, zoals aan het eind van het vorige hoofdstuk is beschreven. Voor de drie maispercelen is met name het risico op oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling van belang (proces 2). De percelen hebben een fosfaattoestand die landbouwkundig wordt geclassificeerd als ruim tot hoog, liggen op een helling richting de beek en hebben ondiepe keileem, waardoor water en opgelost fosfaat snel oppervlakkig afspoelen en ondiep kan uitspoelen naar de aangrenzende beek. Voor deze percelen zijn bemestingsvrije bufferzones en bufferstroken met randdammen, in combinatie met het omzetten van deze percelen naar permanent grasland en maaien en afvoeren van de vegetatie de meest effectieve maatregelen om de nutriëntenbelasting van de Liesketbeek (en daarmee de Snoeyinksbeek) te beperken. Deze maatregelen grijpen effectief in op het beperken van afspoeling en uitspoeling (proces 2) en erosie (proces 3). Het omzetten van maïsland naar permanent grasland verlaagt het risico op een verhoogde P-emissie uit de percelen omdat permanent graslandpercelen niet worden gescheurd, jaarrond groen zijn en een hogere P-onttrekking hebben dan maïs. Dit zorgt ook voor een betere sponswerking en betere water- en nutriëntenhuishouding in de bodem. Aanvullend wordt op een aantal percelen de aanwezige drainage onklaar gemaakt, om versnelde afvoer van water en nutriënten te beperken.

Robuuste bufferzones: Op de percelen ten zuiden van de Hamshorstweg is deze bemestingsvrije bufferzone, ten opzichte van het vorige plan, van 25 meter breed toegenomen naar 50 meter breed, met een oppervlakte van circa 3 hectare. Op de percelen grenzend aan zorgcentrum de Losserhof komt eveneens een brede bufferzone van circa 2,5 hectare. Deze bufferzones krijgen de natuurbestemming. Bemesting is er uitgesloten, maar tussen 1 april en 1 september is extensieve beweiding (tot max. 1,5 GvE/ha) in de bufferzones toegestaan. Extensieve beweiding zorgt voor het gewenste microreliëf in het maaiveld, waardoor oppervlakkige afspoeling bij hevige regenval vertraagd wordt. Te intensieve beweiding zorgt echter voor teveel vertrapping en voor teveel mest in de bufferzone. In de bufferzones komt aan de beekzijde een randdam (max. 50 cm hoog), om verder te voorkomen dat nutriënten via oppervlakkige afspoeling in de beek stromen. De bufferzones worden maaibaar ingericht, omdat het gewas minimaal 2x/jaar moet worden afgevoerd. Maaien en afvoeren van het grasgewas is een belangrijke beheermaatregel om nutriënten uit het systeem te verwijderen en moet om die reden minimaal 2x per jaar worden uitgevoerd.

Smalle bemestingsvrije bufferstroken: op enkele percelen zijn 5 of 10 meter brede bemestingsvrije stroken, al dan niet met een randdam daarbinnen, voldoende om de risico's op fosfaatemissie genoeg te beperken. Deze smalle bufferstroken houden de agrarische bestemming. Het beheer bestaat uit jaarlijks minimaal 2x maaien en afvoeren van het gras. Beweiding is er niet toegestaan.

Verminderen fosfaatbeschikbaarheid maispercelen: Alle drie de maïspancelen in het plangebied worden omgezet naar permanent grasland om uit- en afspoeling van nutriënten te verminderen. De percelen liggen op korte afstand van de Liesketbeek en geven een groot risico op eutrofiëring van het beekwater. In het advies dat NMI in juli 2023 heeft uitgebracht (opgenomen in bijlage 5) is voor elk van de drie percelen uitgewerkt wat de mogelijke werkwijzen zijn om deze risico's te beperken. Daarbij zijn 4 verschillende methoden beschreven: vervangen van de bouwvoor, uitmijnen, injecteren van ijzeroxideslib en het werken met een negatieve fosfaatbalans. In een gesprek met de eigenaren zijn deze methodes uitgebreid toegelicht en is gezamenlijk per perceel een strategie bepaald. De gekozen maatregelen betreffen voor 2 percelen het inwerken van ijzeroxideslib en voor 1 perceel het hanteren van een negatieve fosfaatbalans, en dit voor alle drie de percelen in combinatie met het omzetten naar permanent grasland.

Bemestingsbeperkingen: Op de resterende agrarische grond (permanent grasland met de agrarische bestemming) zijn geen bemestings- en beweidingsbeperkingen nodig, voor zover er tussen die percelen en de beek een bemestingsvrije bufferstrook aanwezig is, met een randdam om oppervlakkige afspoeling te voorkomen. Binnen de 5 tot 10 meter brede bemestingsvrije stroken langs de waterloop/natuur is bemesting en beweiding in het geheel niet toegestaan.

Maatregelen knelpunt hydrologie

Het herstel van het natuurlijke hydrologische systeem, door het onklaar maken van de aanwezig drainage en het ondieper maken van sloten, is nodig en draagt bij aan het tegengaan van verdrogings schade van zowel de natuur als de landbouw (wat o.a. in de periode van 2018 tot 2022 meermaals tot grote problemen leidde). Daarbij wordt ook een verbod ingesteld op het (opnieuw) aanbrengen van drainage of graven van extra sloten. In het kader van het leveren van maatwerk wordt de bestaande diepe drainage op het perceel LSR.H.4338 vervangen door ondiepe drainage. Op dit hogere perceel heeft drainage geen rechtstreeks verdrogende invloed op de beek en het habitat. Door de aanleg van een retentiegebied wordt de bijdrage van de drainage aan het knelpunt piekafvoer opgeheven.

In de navolgende tabel zijn per perceel de te nemen maatregelen benoemd (inclusief een verwijzing naar de maatregelnummers (M-nummers) uit het Natura 2000-Beheerplan) en zijn de bijbehorende oppervlaktes opgenomen. In figuur 12 zijn de kadastrale perceelnummers, kavelaanduidingen en maatregelnummers opgenomen waarnaar in onderstaande tabel wordt verwezen.

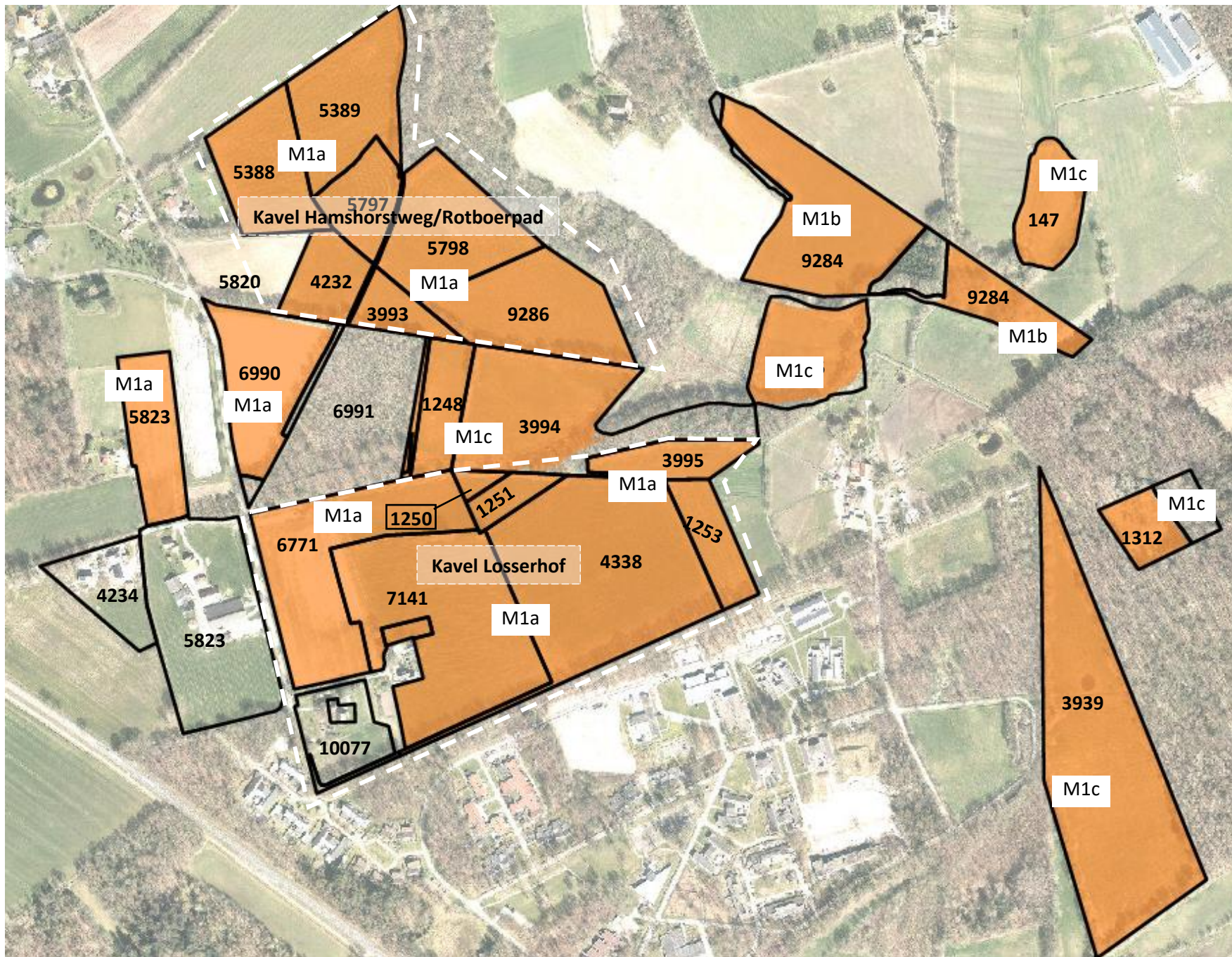
Oppervlaktetes maatregelen per perceel

Perceel	Kadastraal opp. (m2)	M-nummer (Beheerplan)	Maatregel	Oppervlakte maatregelen (m2)
Kavel Losserhof				
H 1250	1.240	M1a	Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	1.240
			Waarbinnen een gedeelte als retentiegebied (niet bemesten en niet beweiden; jaarlijks 2x maaien en afvoeren)	1.240
H 1251	3.660	M1a	Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	3.660
			Waarbinnen een gedeelte als retentiegebied (niet bemesten en niet beweiden; jaarlijks 2x maaien en afvoeren)	530
			Verondiepen sloot (120 m1)	240
H 1253	7.220	M1a	Dempen sloot (160 m1)	300
H 3994 ged.	300	M1a	Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	300
			Verondiepen sloot (330 m1)	660
H 3995	6.350	M1a	Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	5.640
H 4338	44.840	M1a	Dempen sloot (180 m1)	285
			Verondiepen sloot (225 m1)	660
			Onklaar maken diepe drainage	44.840
			Aanbrengen ondiepe drainage	41.100
			Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	3.740
H 6771	27.770	M1a	IJzeroxideslib inwerken; daarna maisland omzetten naar permanent grasland	15.770
			Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	12.000
			Waarbinnen een gedeelte als retentiegebied (niet bemesten en niet beweiden; jaarlijks 2x maaien en afvoeren)	1.140
			Dempen sloot (170 m1)	315
H 7141	37.710	M1a	IJzeroxideslib inwerken; daarna maisland omzetten naar permanent grasland	3.100
			Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	350
			Dempen sloot (120 m1)	280
H 10077 ged.	6.400	-	-	0

Perceel	Kadastraal opp. (m2)	M-nummer (Beheerplan)	Maatregel	Oppervlakte maatregelen (m2)
Kavel Hamshorstweg/Rotboerpad				
H 3993	5.420	-	-	0
H 4232	8.000	M1a	Sloot dempen (180 m1)	270
H 5388	15.000	M1a	Sloot verondiepen (100 m1)	460
			Onklaar maken drainage	15.000
H 5389	18.390	M1a	Sloot dempen (50 m1)	110
			Sloot verondiepen (110 m1)	350
			Onklaar maken drainage	18.390
			Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	8.060
H 5797	8.045	M1a	Sloot verondiepen (100 m1)	130
			Onklaar maken drainage	8.045
			Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten),	2.730
H 5798	18.835	M1a	Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten)	8.570
			Aanleg poel t.b.v. kamsalamander binnen bemestingsvrije bufferzone	500
H 9286	19.980	M1a	Sloot dempen (100 m1)	230
			Sloot verondiepen (100 m1)	200
			Inrichten bemestingsvrije bufferzone (bestemming wijzigt in natuur; extensief beweiden tot 1,5 GvE/ha toegestaan, niet bemesten),	10.650
			Aanleg poel t.b.v. kamsalamander binnen bemestingsvrije bufferzone	500
H 3994 ged.	15.000	M1a	Nieuwe natuur (beheer op aangeven van eigenaar Natuurmonumenten)	15.000
H 1248 ged.	5.400	M1a	Nieuwe natuur (beheer op aangeven van eigenaar Natuurmonumenten)	5.400

Perceel	Kadastraal opp. (m2)	M-nummer (Beheerplan)	Maatregel	Oppervlakte maatregelen (m2)
Percelen rondom het erf				
H 5823 ged.	11.000	M1a	IJzeroxideslib inwerken; Bemestingsvrije bufferstrook met randdam inrichten en uitrasteren (agrarische bestemming)	400
			IJzeroxideslib inwerken; maisland omzetten naar permanent grasland	10.600
H 6990	18.900	M1a	Bodemverbetering toepassen; maisland omzetten naar permanent grasland	17.000
			Onklaar maken drainage	17.000
			Hanteren negatieve fosfaatbalans	15.800
			Bemestingsvrije bufferstrook 5 meter breed inrichten en uitrasteren	400
			Bemestingsvrije bufferstrook 10 meter breed met randdam inrichten en uitrasteren	800

Perceel	Kadastraal opp. (m2)	M-nummer (Beheerplan)	Maatregel	Oppervlakte maatregelen (m2)
Overige percelen				
H 5769	5.700	-	-	0
H 8649 ged.	3.800	-	-	0
H 9284 ged.	26.600	M1b	Bemestingsvrije bufferstrook 10 meter breed met randdam inrichten en uitrasteren (agrarische bestemming)	1.730
			Nieuwe natuur	3.100
			Inrichten bemestingsvrije bufferzone / retentiegebied (bestemming wijzigt in natuur) (betreft gedeelte bij Litshofbeek)	5.200
			Beek verondiepen (Litshofbeek; 50 m1)	130
H 1256 ged.	10.700	M1b	Nieuwe natuur; inrichten retentiegebied en verondiepen watergang (beheer op aangeven van eigenaar Natuurmonumenten)	10.700
H 1312 ged.	5.100	M1c	Nieuwe natuur; verondiepen Snoeyinksbeek (beheer op aangeven van eigenaar Natuurmonumenten)	5.100
H 147 ged.	6.200	M1c	Nieuwe natuur; inrichten retentiegebied en verondiepen Litshofbeek (beheer op aangeven van eigenaar Natuurmonumenten)	6.200
H 3939 ged.	43.700	M1a	Nieuwe natuur (beheer op aangeven van eigenaar Natuurmonumenten)	43.700



Figuur 12: Kaart met kadastrale nummers

Gedetailleerde beschrijving maatregelen

Kavel Hamshorstweg/Rotboerpad (Maatregel M1a uit het Natura2000 Beheerplan)

Perceelsbeschrijving

Deze kavel grenst direct aan het vochtig alluviaal bos en de Snoeyinksbeek. De percelen binnen deze kavel liggen met een enigszins afhellend profiel (hellingspercentage 1-4%) in oostelijke richting naar de beek en het habitat. Het grondgebruik bestaat uit grasland. De percelen wateren allemaal af op de Snoeyinksbeek en een deel is gedraineerd. Door de helling van de percelen in de richting van de beek en de veelal ondiepe grondwaterstromen (door de keileem is er geen diepe infiltratie) is het risico groot dat uit deze percelen afkomstige nutriënten in het beekwater terecht komen en het langs de beek gelegen habitat negatief beïnvloeden. Dit habitat ligt zowel tussen het uitwerkingsgebied en de beek in als ook aan de overzijde van de beek.

Inrichtingsmaatregelen

Om het risico op eutrofiëring vanuit de agrarische percelen te beperken is er een 50 meter brede bemestingsvrije bufferzone nodig tussen de agrarische percelen en de beek. Ten opzichte van het in 2019 vastgestelde inrichtingsplan is de oppervlakte van deze bufferzone verdubbeld (van 1,5 naar 3 hectare) om daarmee mogelijk te maken dat er op de resterende agrarische percelen geen beperkingen in periode van bemesting en beweiding nodig zijn. De functie van deze bufferzone is het invangen van uit- en afspoelende nutriënten vanuit het agrarisch gebied. Deze nutriënten kunnen in de bufferzone bezinken en door het gewas worden opgenomen. De bufferzone zal worden ingericht als kruidenrijk grasland, waarbij zo nodig kalk en mineralen worden gebruikt. De inrichting van de bufferzone zal waar nodig worden geoptimaliseerd om over een zo groot mogelijke oppervlakte afspoeling over maaiveld te stimuleren (en niet geconcentreerd via voorkeursstromen), waardoor de stroomsnelheid zoveel mogelijk wordt geremd en waardoor afspoelende nutriënten zullen bezinken en zoveel mogelijk opgenomen kunnen worden door het kruidenrijke grasland. Binnen de bufferzone zal een randdam worden aangelegd om piekafvoeren verder te dempen en de instroom van nutriënten in het habitat en de beek te beperken. De sloten/greppels die binnen de bufferzone liggen worden gedempt. De sloten en greppels buiten de bufferzone worden verondiept tot circa 0,3 meter, oplopend naar maaiveld binnen de bufferzone. De bufferzone zal worden uitgerasterd.

De overige maatregelen betreffen het opheffen van de werking van de buisdrainage door het afdichten van de drainagebuizen en verondiepen van de sloten.

Het gebied biedt goede mogelijkheden voor de benodigde versterking van het habitat van de kamsalamander. Daarom zullen er in de bufferzone (die de natuurbestemming krijgt) twee poelen worden gegraven als voortplantingslocatie voor deze habitatsoort. Deze poelen krijgen een wateroppervlakte van ca. 500 m², met een glooiende oever en een waterdiepte van 50 – 150 centimeter.

Beheermaatregelen

Het gewas binnen de bufferzone moet door minimaal 2x per jaar maaien en afvoeren worden verwijderd. Daarmee worden tegelijk de door het gewas opgenomen nutriënten verwijderd, zodat er zo min mogelijk uitspoeling van nutriënten naar de habitats optreedt. Bemesten van de bufferzone is niet toegestaan. Extensieve beweiding in de bufferzone is wél toegestaan, tot een maximum van 1,5 GvE/hectare, in de periode tussen 1 april en 1 september. De haaks op de beek liggende sloten en greppels, welke als te verondiepen zijn aangegeven, mogen niet meer worden opgeschoond, teneinde een maximale remming van de stroomsnelheden te borgen. Vanwege de robuuste bufferzone zijn er op de resterende agrarische perceelsgedeelten binnen deze kavel geen beperkingen nodig in de periode van bemesting en beweiding. Het gebruik als bouwland is er echter niet meer toegestaan.

Toekomstige gebruiksmogelijkheden

Door de aanleg van de brede bufferzone, waarbinnen niet bemest mag worden en die de natuurbestemming krijgt, wordt de agrarisch bruikbare oppervlakte van de percelen met 3 hectare verkleind. Deze robuuste bufferzone krijgt de natuurbestemming en kan bestaan uit natuurlijk grasland en/of bos. Het kruidenrijke hooi is toepasbaar in de agrarische bedrijfsvoering en zal zeker de eerste jaren nog een behoorlijke voederwaarde hebben. De kruiden vergroten niet alleen de biodiversiteit, ook zorgen ze voor een betere weerbaarheid tegen droogte. Op de graslandpercelen buiten de bufferzone worden geen beperkingen opgelegd ten aanzien van de periode van bemesting en beweiding. Het opheffen van de werking van de buisdrainage en het verondiepen van de perceelssloten tot 30 cm onder maaiveld leidt tot vernatting. De vernattende effecten vormen onderdeel van de berekening van de financiële schadeloosstelling.

De aanleg van de robuuste bufferzone (3 hectare; bestemming natuur), het verbod op maisteelt/bouwland en de vernatting betekenen een blijvende beperking van de agrarische gebruiksmogelijkheden. Het eigendom van de robuuste bufferzone hoeft niet te wijzigen. De percelen binnen de bufferzone krijgen de natuurbestemming, omdat het agrarische gebruik ernstig wordt beperkt door de genoemde maatregelen.

Kavel Losserhof (Maatregel M1a uit het Natura2000 Beheerplan)

Perceelsbeschrijving

Deze kavel grenst direct aan de Liesketbeek; een zijtak van de Snoeyinksbeek. De percelen binnen deze kavel hellen in noordelijke richting af naar de beek. Het grondgebruik bestaat grotendeels uit grasland; circa 2 hectare wordt structureel gebruikt voor maisteelt. Het gebruik en de ligging van de landbouwpercelen en de aanwezigheid van een niet-vloeistofdichte kuilvoerplaats in dit gebied, beïnvloeden de waterkwaliteit van de Liesketbeek en Snoeyinksbeek negatief. Nutriëntenrijk water van de landbouwpercelen en de kuilvoerplaats stroomt via de Liesketbeek in de Snoeyinksbeek en beïnvloedt het stroomafwaarts langs de beek gelegen habitat Vochtig alluviaal bos negatief.

Inrichtingsmaatregelen

Om het risico op eutrofiëring vanuit de agrarische percelen te beperken is er een robuuste bemestingsvrije bufferzone nodig tussen de agrarische percelen en de beek, net als op de kavel Hamshorstweg/Rotboerpad. Daarmee is het mogelijk dat er op de resterende agrarische perceelsgedeelten binnen deze kavel geen beperkingen in de periode van bemesting en beweiding nodig zijn. De bufferzone zal ervoor zorgen dat de instroom van nutriënten in de beek via oppervlakkige afvoer (over maaiveld en door de bouwvoor) beperkt wordt. Het laagst gelegen deel van de bufferzone zal bij neerslag ook fungeren als retentiegebied, waar het water langer wordt vastgehouden om daarmee de piekafvoer in de beek te dempen. Het bestaande kavelpad, dat tussen de bufferzone en de beek ligt, zal daarvoor gedeeltelijk worden opgehoogd. De bestaande duikers onder het kavelpad door worden verwijderd of aangepast om de afvoer van water uit het retentiegebied te verminderen en te vertragen. De sloten in de bufferzone zullen worden gedempt. De bufferzone zal worden uitgerasterd omdat daar beweiding met een maximum van 1,5 GvE/ha is toegestaan. Het retentiegedeelte binnen de bufferzone wordt ook voorzien van een afrastering, omdat in de retentiezone beweiding geheel niet is toegestaan.

Wat betreft de overige maatregelen die (buiten de bemestingsvrije bufferzone) op deze kavel worden uitgevoerd, wordt de aanwezige drainage vervangen door de ontwateringsbasis te verhogen van een meter naar 50 cm. De drainage zal via een ondiepe sloot afwateren op de bufferzone, waarbij het water over maaiveld naar het retentiegedeelte kan stromen. De overige sloten/greppels worden gedempt om een goed bewerkbare kavel te creëren, waarbij lichte egalisatie zal worden uitgevoerd

om de verschillende perceelsgedeelten goed op elkaar aan te laten sluiten. Vervolgens zal de volledige kavel worden ingezaaid met een mix van hoogproductieve grassoorten vanwege de beheermaatregel permanent grasland.

Verder wordt op 2 hectare maïsland, het perceel 6771, ijzeroxideslib geïnjecteerd om de uitspoelingsgevoelige hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat (P-CaCl₂) te verminderen tot de streefwaarde tussen de 1,2 en 1,6 mg P/kg grond. De fosfaattoestand van de bovenste 30 cm wordt landbouwkundig geclassificeerd als Hoog (zie bijlage 5). De directe beschikbaarheid van fosfaat is met P-CaCl₂ 5,1 mg/kg hoog (2022). Op basis van eerder onderzoek (2016) op een vergelijkbaar perceel (H5823) is de verwachting dat in de bodemlaag 30-60cm onder maaiveld de directe P-beschikbaarheid laag zal zijn.

Het inbrengen van ijzeroxideslib is een simpele en effectieve maatregel om het beoogde doel –verlagen van de directe P-beschikbaarheid in de toplaag van de bodem tot de streefwaarde tussen de 1,2 en 1,6 mg P/kg– snel te bereiken. Om te voorkomen dat de gift te hoog is en de fosfaattoestand te ver daalt, wordt de gift in 2 dosissen kort na elkaar toegediend. De hoogte van de 1^e dosis is bepaald op basis van een gewenste daling tot een tussentijdse streefwaarde van 2,4 mg P/kg. De hoogte van de 2^e dosis wordt daarna op basis van een tussentijdse meting zo goed mogelijk bepaald. Deze gift wordt indien de weer- en terreinomstandigheden dat toelaten, in het voorjaar van 2024 toegediend, waarna het perceel wordt ingezaaid, indien nodig met een tijdelijk gras (Italiaans raigras). Het perceel wordt na de afronding van alle werkzaamheden ingezaaid met een mix van hoogproductieve grassoorten vanwege de beheermaatregel permanent grasland.

Tenslotte wordt ook de kuilvoerplaats uit gebruik genomen en wordt elders een vervangende kuilplaats gerealiseerd. Om deze kavel, die volledig als weidegrond wordt ingericht, efficiënt te kunnen gebruiken, wil de eigenaar hierop een verhard kavelpad aanleggen. De lengte van dit kavelpad en de exacte ligging ervan worden in onderlinge afstemming met de eigenaar definitief bepaald. Het globale tracé is echter op de maatregelkaart aangegeven en ligt om en nabij de grens van landbouw en natuur.

Beheermaatregelen

Het kruidenrijk grasland in de bufferzone moet minimaal 2x per jaar worden gemaaid en het maaisel moet worden verwijderd. Daarmee worden de door het gewas opgenomen nutriënten verwijderd, zodat er zo min mogelijk uit- en afspoeling van nutriënten naar de habitats optreedt. Bemesten van de bufferzone is niet toegestaan. Extensieve beweiding is wél toegestaan, tot een maximum van 1,5 GvE/hectare, in de periode tussen 1 april en 1 september. Beweiding binnen het retentiegedeelte is niet toegestaan, omdat dit met regelmaat kan inunderen en aanwezige meststoffen dan makkelijk tot uit- en afspoeling kunnen komen. Ook het beheer van het retentiegedeelte bestaat uit het minimaal 2x per jaar maaien en afvoeren van het gewas.

Toekomstige gebruiksmogelijkheden

Door de aanleg van de bufferzone wordt de agrarische oppervlakte met 2,5 hectare verkleind. Deze robuuste bufferzone krijgt de natuurbestemming en op het gedeelte met de retentiefunctie komt daarvoor een dubbelfunctie in de bestemming. Het verondiepen van de beek en perceelssloten leidt tot enige vernatting, met name binnen de bufferzone. De aanpassingen aan de drainage zorgen ervoor dat op dat perceel geen vernattend effect optreedt.

De aanleg van de bufferzone en het retentiegebied, het verbod op maisteelt/bouwland en de vernatting betekenen een blijvende beperking van de agrarische gebruiksmogelijkheden. De percelen binnen de bufferzone krijgen de natuurbestemming, omdat het agrarische gebruik ernstig wordt beperkt door de genoemde maatregelen. Het eigendom van deze bufferzone hoeft niet te wijzigen.

Op de graslandpercelen buiten de bufferzone worden geen beperkingen opgelegd ten aanzien van de periode van bemesting en beweiding. Het gebruik als bouwland is niet langer toegestaan.

Maatregelen H.5823 (maïspanceel Winkelscholtweg; maatregel M1a uit het Natura 2000 Beheerplan)

Dit perceel is voor ca. 1,1 hectare continu in gebruik als maïspanceel. Het perceelsgedeelte heeft een hoog fosfaatgehalte en ligt direct aan de Liesketbeek; de zijtak van de Snoeyinksbeek. Het perceel is gevoelig voor oppervlakkige uit- en afspoeling van water en daarin opgeloste nutriënten. De fosfaattoestand wordt landbouwkundig geclassificeerd als hoog (zie bijlage 5). De directe beschikbaarheid van fosfaat is met P-CaCl₂ 5,3 mg/kg hoog (2022). In een eerder onderzoek (2016) was de directe P-beschikbaarheid ook hoog (P-CaCl₂ was 4,2 mg P/kg. In de bodemlaag 30-60 cm onder maaiveld was de directe P-beschikbaarheid laag (P-CaCl₂ 0,7 mg/kg). Om uit- en afspoeling van nutriëntenrijk water van het perceel naar de beek te beperken zijn op het perceel maatregelen nodig.

Inrichtingsmaatregelen

Zodra weers- en terreinomstandigheden het toelaten wordt ijzeroxideslib ingewerkt. Het inbrengen van ijzeroxideslib is nodig om de directe P-beschikbaarheid in de toplaag van de bodem tot de streefwaarde tussen de 1,2 en 1,6 mg P/kg– snel te bereiken. Om te voorkomen dat de gift te hoog is en de fosfaattoestand te ver daalt, wordt de gift in 2 dosissen kort na elkaar toegediend. De hoogte van de 1^e dosis is bepaald op basis van een gewenste daling tot een tussentijdse streefwaarde van 2,4 mg P/kg. De hoogte van de 2^e dosis wordt daarna op basis van een tussentijdse meting zo goed mogelijk bepaald. Door het in stappen toe te voegen en tussentijds te meten kan worden nagegaan hoe de bodem reageert en kan worden voorkomen dat de fosfaattoestand te ver daalt. Na het inwerken van de 2^e dosis wordt het perceel ingezaaid, indien nodig met een tijdelijk gras (Italiaans raaigras). Het perceel wordt na de afronding van alle werkzaamheden ingezaaid met een mix van hoogproductieve grassoorten vanwege de beheermaatregel permanent grasland. De oppervlakkige afspoeling van fosfaten over maaiveld wordt door deze maatregelen sterk beperkt en ook de ondiepe uitspoeling van nutriënten door de bouwvoor naar de Liesketbeek neemt hierdoor af. Langs de beek wordt daarbij een randdam aangelegd om de instroom van nutriënten in de beek via afspoeling over maaiveld nog verder te beperken. Deze randdam is nodig wegens de helling van het perceel en komt binnen een 10 meter brede bemestingsvrije bufferstrook te liggen. De bemestingsvrije bufferstrook wordt uitgerasterd van de rest van het perceel, omdat er geen beweiding op is toegestaan. Het talud van de randdam aan de perceelszijde wordt maaibaar aangelegd (talud 1:5; 50 cm hoog).

Om deze kavel, die volledig als weidegrond wordt ingericht, efficiënt te kunnen gebruiken, wil de eigenaar hierop in het voorste laaggelegen deel vanaf de Winkelscholtweg een kort verhard kavelpad aanleggen.

Beheermaatregelen

Binnen de bufferstrook van 10 meter breed mag geen mest worden opgebracht en mag geen beweiding plaatsvinden. Voor de rest van het perceel geldt blijvend het grondgebruik als permanent grasland, zonder verdere beperkingen.

Toekomstige gebruiksmogelijkheden

De opgelegde inrichtings- en beheermaatregelen betekenen dat het perceel niet meer volledig landbouwkundig te gebruiken is. Het gebruik als bouwland is niet langer toegestaan. Door de aanleg van de bufferstrook wordt de agrarische oppervlakte met 400 m² verkleind.

Maatregelen H.6990 (maïspaneel Koopsweg; maatregel M1a uit het Natura 2000 Beheerplan)

Dit perceel van circa 1,6 hectare wordt structureel gebruikt voor maïsteelt. Het ligt op een helling naar de Liesketbeek en keileem is ondiep aanwezig. Bodemstructuur en worteling van de topsoil zijn matig wat de benutting van water en nutriënten beperkt. De fosfaattoestand wordt landbouwkundig geclassificeerd als ruim (zie bijlage 5). De directe beschikbaarheid van P is met P-CaCl₂ 1,7 mg/kg, niet heel hoog. Op dit perceel is het verschil tussen de actuele en gewenste directe P-beschikbaarheid klein. Het gewenste resultaat kan naar verwachting snel worden gerealiseerd. Daarbij is uitmijnen door het handhaven van een netto negatieve P-balans voldoende. Niet alleen minerale meststoffen, maar ook organisch stofrijke meststoffen toedienen, is op dit perceel ook wenselijk vanuit het oogpunt van bodemkwaliteit. Het verbeteren van de slechte bodemstructuur en slechte hydrologische omstandigheden werkt positief door op de gewasgroei – en daarmee op de P-onttrekking – en op de nutriëntenbenutting. Dit kan bijvoorbeeld door de aanvoer van compost of vaste mest. Compost en vaste mest bevatten fosfaat, maar de directe beschikbaarheid is laag.

Het advies van NMI (zie bijlage 5) om de eerste drie jaar een sterk negatief P-bodemoverschot te hanteren van ongeveer 60 kg P₂O₅/ha wordt overgenomen. Het toedienen van ongeveer 25 kg P₂O₅/ha in de vorm van compost komt overeen met een compostgift van 20 ton compost (3,5 kg P₂O₅/ton product, 25% werkzaam) per hectare per jaar. Na het derde jaar wordt er bodemonderzoek uitgevoerd om de daling van de fosfaattoestand, met name P-CaCl₂, te monitoren en zo nodig de negatieve fosfaatbalans bij te stellen tot een wenselijk niveau.

Het perceel wordt ingezaaid met een mix van hoogproductieve grassoorten vanwege de beheermaatregel permanent grasland. Op dit perceel (H.6990) wordt op de zuidelijke helft langs de sloten een randdam aangelegd om de instroom van nutriënten in de beek via deze sloten nog verder te beperken. Deze randdammen zijn nodig wegens de helling van het perceel en komen binnen een bemestingsvrije bufferstrook te liggen. De bemestingsvrije bufferstrook wordt uitgerasterd van de rest van het perceel, omdat er geen beweiding op is toegestaan. Het talud van de randdammen aan de perceelszijde wordt maaibaar aangelegd (talud 1:5; 30-50 cm hoog). De bufferstroken houden de agrarische bestemming, vanwege de geringe breedte van deze elementen, om planologische versnippering te beperken.

Maatregelen H.9284 (graslandperceel noordoostflank Snoeyinksbeek; maatregel M1b uit het Natura 2000 Beheerplan)

Perceelsbeschrijving

Het perceel is als grasland in gebruik. Het ligt op korte afstand van het habitat Vochtig alluviaal bos langs de Snoeyinksbeek. Door de ligging op de flank van het beekdal is er een directe ecohydrologische relatie met het habitat. Zowel de waterkwaliteit als de waterkwantiteit binnen het habitat wordt door dit perceel negatief beïnvloed. De diepe zijloop van de beek, op de grens van het perceel en iets westelijker ook op de grens met het habitat, voert water te snel af naar de beek wat een verdrogend effect heeft op het Vochtig alluviale bos, mede omdat het naastgelegen perceel hierop gedraineerd is. De in het water aanwezige meststoffen (nitraat en fosfaat) zijn nadelig voor de waterkwaliteit.

Inrichtingsmaatregelen

Het verondiepen van de zijloop van de beek, op de grens tussen het perceel en het habitat, tot 30 cm onder maaiveld (het maaiveld binnen het habitat). Langs de zijloop wordt verder een randdam aangelegd om de instroom van nutriënten via afspoeling over maaiveld vanuit het agrarische perceel te beperken. Deze randdam is nodig wegens de helling van het perceel en komt binnen een 10 meter brede bemestingsvrije bufferstrook te liggen. De bemestingsvrije bufferstrook wordt uitgerasterd van de rest van het perceel, omdat er geen beweiding op is toegestaan. Het talud van de randdam aan de perceelszijde wordt maaibaar aangelegd (talud 1:5; 50 cm hoog).

Beheermaatregelen

Voor dit perceel geldt blijvend het grondgebruik als permanent grasland, zonder verdere beperkingen. Er is aan de zuidwestzijde van het perceel, langs het zijstroompje van de beek, een bemestingsvrije zone nodig van 10 meter breed (bufferstrook). Binnen deze bufferstrook mag geen beweiding plaatsvinden.

Toekomstige gebruiksmogelijkheden

De opgelegde inrichtings- en beheermaatregelen betekenen dat het perceel niet meer volledig landbouwkundig te gebruiken is. Het gebruik als bouwland is niet langer toegestaan.

Maatregelen percelen Natuurmonumenten binnen Natura 2000 (maatregel M1c uit het Natura2000 Beheerplan)

Perceelsbeschrijving

De percelen zijn eigendom van Natuurmonumenten en bestaan uit kruidenrijk grasland. Ze zijn in meer of mindere mate geschikt voor agrarisch medegebruik door het kunnen hooien en eventuele toegestane extensieve beweiding. De percelen liggen allemaal langs de beek of grenzen aan habitat en hebben daardoor een directe relatie met de instandhoudingsdoelen van het habitat. Natuurmonumenten is hier verantwoordelijk voor het beheer en de eventuele verpachting. Dit inrichtingsplan is in overleg met Natuurmonumenten als eigenaar opgesteld; de bestemming wijzigt niet, maar de gebruiksmogelijkheden van enkele percelen worden wél beperkt.

Inrichtingsmaatregelen

Op enkele van de percelen met de bestaande natuurbestemming, binnen Natura 2000, worden maatregelen genomen die bijdragen aan het verminderen van de piekafvoeren en de uitbreiding van habitat door verondiepen van de beek, afgraven van de bouwvoor en aanplanten van gewenste soorten.

Beheermaatregelen

Het beheer moet aan blijven sluiten op de Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen voor de nabijgelegen habitats 'Vochtig alluviaal bos' en 'Beuken-eikenbos met hulst' en de doelsoort 'Kamsalamander' en is tevens gericht op de ontwikkeling van nieuwe natuur. Momenteel betreft dat het beheertype N12.02; Kruiden- en faunarijk grasland. Het natuurbeheertype wordt steeds voor een periode van 6 jaar overeengekomen met de provincie Overijssel en vastgelegd in het natuurbeheerplan.

Toekomstige gebruiksmogelijkheden

De gebruiksmogelijkheden voor agrarisch medegebruik nemen door de inrichtingsmaatregelen en vernatting verder af. Of verpachting van de natuurpercelen aan agrariërs mogelijk blijft, wordt bepaald door Natuurmonumenten als eigenaar van de grond. Dit is geen onderdeel van dit Inrichtingsplan.

Onderbouwing breedte en inrichting robuuste bufferzones

Het plan voorziet in 2 robuuste bufferzones, langs de Liesketbeek en de Snoeyinksbeek, waarin het over maaiveld en door de bouwvoor afspoelende nutriëntrijke water vanaf de agrarische percelen wordt opgevangen. Deze bufferzone bestaat uit graslandpercelen met veel structuurvariatie, waardoor er voldoende ruwheid ontstaat dat zorgt voor vertraging van de oppervlakkige afstroming. Grassen die een bijdrage kunnen leveren aan die structuurvariatie en ruwheid en een relatief grote nutriëntenbehoefte hebben zijn o.a. Kropaar, Timotee, Ruw beemdgras en Veldbeemd. Door de graslandpercelen te benutten als bufferzone voor het uit- en afspoelende water, waarbij uit- en afspoelende nutriënten in het grasland bezinken en door het gewas worden opgenomen, wordt voorkomen dat grote hoeveelheden nutriënten in het beekwater komen. Omdat er door de ondiep aanwezige tertiaire klei/keileem vrijwel alleen sprake is van afspoeling over maaiveld en ondiepe uitspoeling door de bouwvoor, is de werking van de bufferzone realistisch. Daarbij moet de inrichting van de bufferzone worden geoptimaliseerd om over een zo groot mogelijke oppervlakte afspoeling over maaiveld te stimuleren, waardoor de afstroomsnelheid naar de beek zoveel mogelijk wordt geremd en nutriënten zullen bezinken. Plaatselijk moet langs de beek of direct langs het habitat Vochtig alluviaal bos een randdam worden aangebracht. Verder worden de aanwezige sloten en greppels binnen de bufferzone gedempt, omdat die een snelle transportroute voor water en nutriënten vormen.

De opname van de nutriënten door het gras en het verwijderen ervan door maaien en afvoeren is een belangrijk aspect van deze maatregel. Daarbij is een gezond bodemleven van groot belang. Bemesten van de bufferzone is niet toegestaan omdat er dan nutriënten worden toegevoegd, waar het juist de bedoeling is om zoveel mogelijk te onttrekken.

De effectiviteit van bufferzones in de reductie van nutriëntenemissies vanuit landbouwgebieden naar het oppervlaktewater is afhankelijk van verschillende factoren. Er is nog onvoldoende onderzoek bekend om daarop de exacte breedte en inrichting op te kunnen baseren (*‘Ecologisch onderzoek naar de effecten van bufferstroken langs watergangen’*; STOWA 98/26). Een belangrijke ontwerpfactor, die door diverse auteurs wordt genoemd, is de breedte van de bufferstrook. Berekeningen tonen een lineair verband tussen breedte en rendement. Een tweede belangrijk aspect is de inrichting ervan; een dichte vegetatie zorgt voor een grotere remming van de afstroomsnelheid en een grotere opname van nutriënten. Een drempel langs de beek (randdam) moet ervoor zorgen dat het restrisico van de afstroom van nutriëntrijk water verder afneemt. Bij hevige regenval stagneert oppervlakkig afspoelend water, inclusief meststoffen, achter deze drempel, waardoor het water tijd krijgt om te infiltreren in de bodem.

Op basis van de verwachte maatgevende afvoer bij een T=10 (een afvoer die door hevige regenval naar verwachting eens in de 10 jaar optreedt en die naar het oordeel van het MAP-team het risico op externe eutrofiëring voldoende dekt), lijkt de breedte van 50 meter voldoende om de stroomsnelheid van het water bij oppervlakkige afstroming in de bufferzone zodanig te remmen dat de in het water aanwezige aan bodemdeeltjes gebonden fosfaten kunnen bezinken. Verder is deze breedte naar verwachting voldoende groot om ook de nutriënten die ondiep via de bouwvoor door de bufferzone stromen op te laten nemen door het gewas in de bufferzone.

Bijlagen

Bijlage 1: Maatregelkaart op A3-formaat

Bijlage 2: Stromingsrichting oppervlaktewater

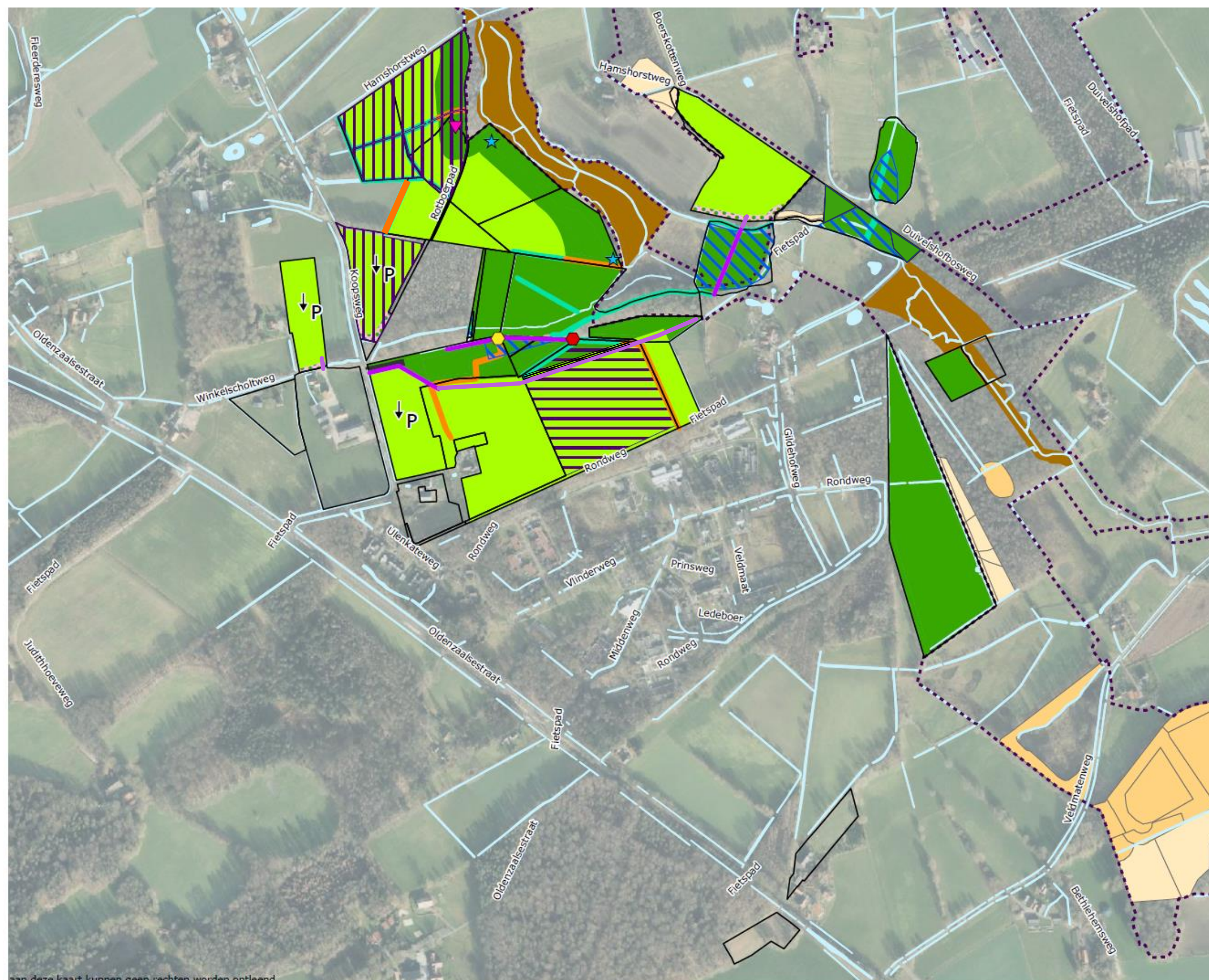
Bijlage 3: stroomgebiedsrapportage Snoeyinksbeek bovenloop d.d. 8-11-2018, los bijgevoegd

Bijlage 4: stroomgebiedsrapportage Snoeyinksbeek middenloop d.d. 8-11-2018, los bijgevoegd

Bijlage 5: Advies NMI juli 2023; Fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater beperken. Uitwerking maatregelen voor drie percelen in Losser

Deelgebied Liesketbeek / Snoeyinksbeek

Bijlage 1: Maatregelenkaart



Legenda

Inrichtingsmaatregelen

- nieuwe watergang
- verdiepen watergang
- dempen watergang
- verwijderen drainage
- drainage ondieper leggen
- bemestingsvrije zone met randdam
- kuilplaat verwijderen
- ★ nieuwe locaties kamsalamander
- ▼ verplaatsen veedrinkput
- duiker aanpassen
- duiker verwijderen
- ophogen/aanleg kavelpad (indicatief)
- ↓ P verminderen fosfaatbeschikbaarheid

beheermaatregelen

- permanent grasland (niet scheuren); bemestingsvrije zone
- permanent grasland (niet scheuren)
- nieuwe natuur
- waterretentie

habitattypen

- H9120: Beuken-eikenbossen met hulst
- H9160A: Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden)
- H91E0C: Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)
- begrenzing Natura2000

Privacy

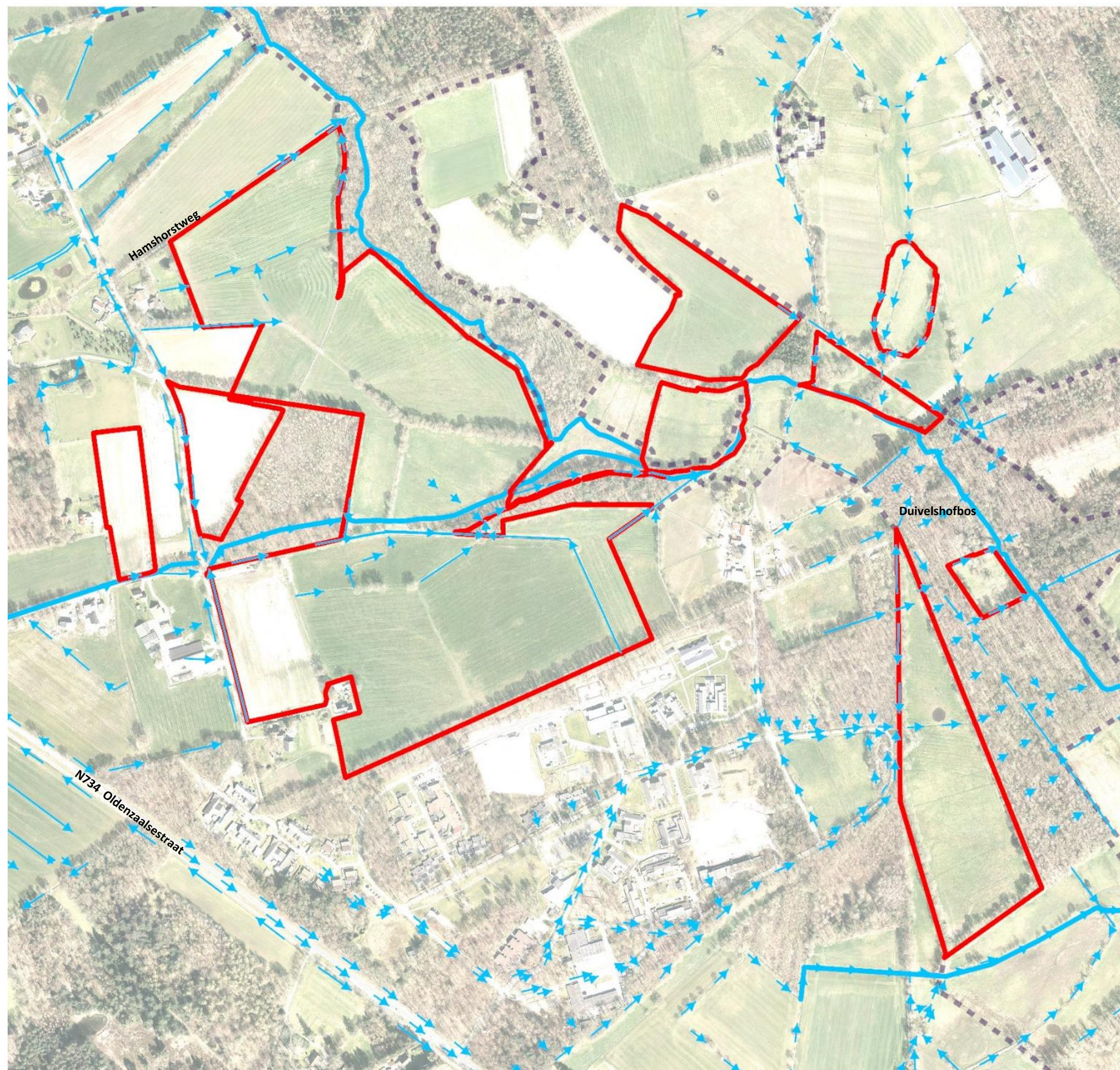
Deze kaart bevat persoonsgegevens. De kaart is alleen voor intern gebruik. Voor extern gebruik moet met de betrokken externe partij een bewerkingsovereenkomst worden gesloten.

Team Data, Informatie, GIS en Innovatie

0 100 200 300 400 m

Numer: 220058_3
Datum: 03-10-2023

Bijlage 2: Stromingsrichting oppervlaktewater



- plangebied
- begrenzing Natura2000
- waterlopen
- ➔ detailafwatering

0 100 200 300 400 m

BIJLAGE

3

A-G RAPPORTEN
IJZEROXIDESLIB



KWR | Maart 2017

TKI Watertechnologie

Toepassing van
drinkwaterslib op
fosfaatrijke gronden
t.b.v.
natuurontwikkeling
Website versie

Toepassing van drinkwaterslib op fosfaatrijke gronden t.b.v. natuurontwikkeling

TKI Watertechnologie

KWR 2017.042 | Maart 2017



Opdrachtnummer

401000

Projectmanager

Luc Palmen

Projectpartners

Brabant Water, Vitens, Waterbedrijf Groningen, AquaMinerals (voorheen Reststoffenunie)

Natuurmonumenten, Stichting Het Drentse landschap, Stichting Het Utrechts Landschap

Stichting Het Noordbrabants Landschap, Stichting Het Groninger Landschap

Groot Zevert Loon- en grondverzetbedrijf BV., Wolterink Technisch Centrum B.V.

Alterra, B-WARE

Kwaliteitsborgers

Han Runhaar (i.o.v. Flip Witte)

Auteurs

Edu Dorland, Yuki Fujita (KWR),

Wim Chardon (Wageningen Environmental Research),

Aalke Lida de Jong (AquaMinerals)

Verzonden aan

Consortiumpartners

Deze activiteit is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor
Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken.

Jaar van publicatie

2017

Meer informatie

Dr. Edu Dorland

T 030-6069532

E edu.dorland@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle
Research
Institute

KWR 2017.042 | Maart 2017 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand,
of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën,
opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande
schriftelijke toestemming van de uitgever.

Samenvatting

Ontwikkel een machine waarmee drinkwaterslib op een effectieve manier ingebracht kan worden op fosfaatrijke gronden om zo de fosfaat-beschikbaarheid te verminderen en natuurontwikkeling te stimuleren.

Dat was de technologische doelstelling die we onszelf als TKI-consortium (een samenwerking van drinkwaterbedrijven, natuurorganisaties, kennisinstellingen en bedrijven) hadden opgelegd. Om dit te bereiken dienden verschillende onderzoeksvragen te worden beantwoord. Enerzijds wilden we meer ervaring op doen met het mengen van drinkwaterslib met verschillende bodemtypen, en de effecten die dit zou hebben op bodemchemie en vegetatie. Anderzijds beoogden we de toepassing van deze behandeling technisch mogelijk te maken, liefst ongeacht bodemtype.

Waarom überhaupt deze maatregel?

Het toedienen van ijzerrijk drinkwaterslib op fosfaatrijke (voormalige landbouw)gronden was in Nederland nog niet eerder toegepast. Hierbij wordt onder drinkwaterslib verstaan: ijzerslib en ijzerkalkslib (waar naast ijzer ook calcium in aanwezig is). Laboratoriumexperimenten hadden al wel aangetoond dat het ijzer in dit slib goed in staat is om fosfaat (P) te binden, en zo niet langer beschikbaar te laten zijn voor opname door plantenwortels. In theorie een beheermaatregel die verschrallend zou kunnen werken, en daardoor natuurontwikkeling op deze P-rijke gronden mogelijk zou maken zonder de P-rijke toplaag te hoeven afgraven. Natuurlijk, afgraven is de meest effectieve manier om P-beschikbaarheid van de bodem te verlagen, maar dit kan een kostbare maatregel zijn. Zeker als P door jarenlange bemesting een grote diepte heeft bereikt. Ook zijn er situaties waarbij afgraven niet gewenst of mogelijk is. Bijvoorbeeld wanneer archeologische waarden aanwezig zijn, of een maaiveld verlaging onwenselijk is omdat de bodem dan te nat zou worden. In die situaties kan de toepassing van ijzerrijk drinkwaterslib een goed alternatief zijn, en op kortere termijn tot de gewenste resultaten leiden dan door (zeer) langjarige verschraling middels uitmijnen kan worden bereikt.

Toepassing alleen op droge zandgrond zonder problemen uitvoerbaar

Op basis van onze ervaringen, opgedaan in een aan dit project voorafgaande pilot, hebben we drie nieuwe, kleinschalige veldexperimenten uitgevoerd. Eén locatie betrof een veenbodem (Onnerpolder nabij Groningen), de tweede locatie was zand met klei (Bloemkampen nabij Harderwijk), en de derde locatie betrof een lemige zandbodem (De Scheeken nabij Liempde). Deze verschillen in bodemtypen, en dan met name verschillen in vochtigheid en organischstofgehalte, leidde direct tot belangrijke aanwijzingen voor de toepassing. Op P-rijke, (zeer) organische bodems, zoals veengronden, is vanwege het lage soortelijk gewicht van de bodem een relatief hoge dosis drinkwaterslib nodig. Gecombineerd met de hoge weerstand van de bodem vanwege het hoge vochtgehalte, zorgde ervoor dat het grote volume slib maar zeer langzaam de bodem introk, en pas weken later met de grond vermengd kon worden. Dezelfde ervaring hadden wij bij Bloemkampen waar het hoge kleigehalte van de bodem er ook voor zorgde dat het drinkwaterslib slechts langzaam infiltreerde, overigens wel aanzienlijk sneller dan op veengrond. Alleen op de droge zandgrond in De Scheeken kon het ijzerslib, mede vanwege de relatief lage dosis die daar

nodig was, direct na opbrengen middels frezen met de bovenste 20 cm van de bodem worden gemengd. Dit leidt tot onze aanbeveling om drinkwaterslib vooral op droge zandgronden toe te passen.

Verlagend effect op P-beschikbaarheid, effecten op vegetatie blijven (nog?) uit

De drie experimentele veldproeven lieten zien, net als in de pilot en de laboratorium experimenten, dat het ijzerrijke drinkwaterslib de P-beschikbaarheid van de bovenste bodemlaag verlaagde. Wel bleek het moeilijk om vooraf de juiste dosis te berekenen die zou moeten worden toegediend om de P-beschikbaarheid tot op (of beneden) de streefwaarde voor schrale natuur te verlagen. Dit had meerdere oorzaken: variaties in drogestofgehaltes van het drinkwaterslib van dezelfde productielocatie in de tijd, grote ruimtelijke variatie in betreffend perceel, en temporele variatie wat leiden tot verschillen tijdens de voorselectie en moment van werkelijke uitvoering. Het is daarom belangrijk om vooraf zo goed mogelijk beeld te hebben van de P-beschikbaarheid en diepte van het P-front, en het drogestofgehalte van het slib direct voorafgaand aan de toepassing te meten om ter plekke de toe te dienen hoeveelheid nog te kunnen aanpassen. Daarbij moet geaccepteerd worden dat ruimtelijke verschillen zullen blijven voorkomen.

Ondanks de snelle verlaging van de P-beschikbaarheid waren er beperkt effecten op de vegetatie waarneembaar. De belangrijkste reden hiervoor is de korte looptijd (één groeiseizoen) van het experiment, maar ook het feit dat niet overal de P-beschikbaarheid tot de streefwaarde werd verlaagd door bovengenoemde factoren. Het uitleggen van soortenrijk maaisel in met ijzerslib behandelde proefvlakken in De Scheeken liet echter wel zien dat doelsoorten konden kiemen en zich vestigen op deze behandelde gronden.

Ontwikkeling van een alternatieve “zodebemester” gerealiseerd

Het mengen van het drinkwaterslib middels frezen verstoort de bodemstructuur in grote mate. Dit is niet altijd wenselijk en dit was voor ons een extra aanleiding om een machine te ontwikkelen die drinkwaterslib in één bewerkingsgang kon inbrengen onder de zode en toch voor een goede menging kon zorgen. Uitgangspunt hierbij was een zodebemester die uitgerust werd met “ganzenvoeten”. Deze doorsnijden de zode en tillen de zode licht op, zodat het slib vanuit injecteurs achter de ganzenvoeten in de zo ontstane ruimte kan lopen. Deze toepassingswijze bleek in de praktijk goed te werken. Wel is het nodig om op percelen die sterk doorworteld zijn, extra scherpe messen in te zetten die de zode goed kunnen doorsnijden. Metingen aan de bodemchemie lieten ook hier de gewenste verlagende effecten op de P-beschikbaarheid zien. Wel kan het ijzerslib minder goed met de bodem gemengd worden dan middels frezen. Een herhalingsbehandeling is daarom wellicht aan te raden. Dit aspect hebben wij verder niet onderzocht.

Aanbod van geschikte slibben inzichtelijk gemaakt

Niet elk drinkwaterslib is geschikt voor deze toepassing. De belangrijkste factoren die bepalen of slib van een bepaalde productielocatie geschikt is, zijn:

- de verhouding tussen ijzer plus aluminium, en fosfaat. Deze verhouding moet hoger zijn dan 0.1 om het mogelijk te maken de streefwaarde in het veld te bereiken.
- het gehalte aan andere zware metalen. Deze dienen dermate laag te zijn dat na het mengen van het slib met de bodem achtergrondwaarden van concentraties van deze zware metalen niet wordt verhoogd.

- een drogestofgehalte tussen 8 en 20% om vloeibare toepassing mogelijk te maken.

Juridische kant van de zaak

Bij de voorbereiding van de veldexperimenten bleek dat de bevoegde gezagen zich nog niet goed raad weten met deze innovatieve toepassing van ijzerrijk drinkwaterslib. Zij weten niet goed hoe deze stof moet worden beoordeeld en welke wettelijke kaders van toepassing zijn?

Ons onderzoek poogde ook op dit aspect meer duidelijkheid te geven. Ijzerrijk drinkwaterslib heeft de status van bijproduct. Voor het toedienen ervan als fosfaatbindingsproduct aan bodems van natuurgebieden gelden de Wet Natuurbescherming en de zorgplicht bodem. Dit laatste wil zeggen dat het gebruik geen bedreiging vormt voor de bodem. Het bevoegd gezag voor deze afweging is de gemeente of het waterschap. Ook de beheerder van het natuurgebied moet uiteraard betrokken worden en eventueel vergunning verlenen voor het toepassen van drinkwaterslib in een natuurgebied.

Ons onderzoek heeft aangetoond dat de toepassing van drinkwaterslib geen nadelige effecten heeft op de bodem. Door bij de selectie van geschikte drinkwaterslibben de concentraties aan zware metalen als één van de selectiecriteria mee te nemen, wordt voorkomen dat de natuurlijke achtergrondwaarden voor deze metalen worden overschreden. Daarnaast bindt het ijzer in het drinkwaterslib, behalve fosfaat, ook in de bodem aanwezige metalen, en verlaagt zo de beschikbare concentratie ervan.

Ook economische interessante maatregel

Afgraven is het meest effectief om P-rijke gronden te verwijderen. Aan deze maatregel zijn echter hoge kosten verbonden. Op P-rijke percelen waar afgraven te duur of onwenselijk is, en natuurontwikkeling middels uitmijnen te lang zou gaan duren, kan de toediening van drinkwaterslib een betaalbaar alternatief zijn.

De kosten van deze toepassing zijn sterk afhankelijk van de keuze van het slib (ijzerslib of ijzerkalkslib), al dan niet gebruik van een tussenopslag en de noodzaak van zode verwijdering. In de meeste gevallen zal levering via een opslag noodzakelijk zijn om de benodigde hoeveelheid en gewenste specificatie te kunnen leveren.

Voor de toepassing van ijzerkalkslib, waar momenteel (anders dan voor ijzerslib), nog geen goede alternatieve afzetmarkt voor is, is ook vanuit economisch perspectief interessant. De kosten van deze maatregel (zonder zode verwijdering) zijn op zandgrond lager dan de kosten van afgraven en van dezelfde orde grootte als uitmijnen.

Beslishulp ontwikkeld

Zoals hierboven al is beschreven, is het toedienen van drinkwaterslib slechts één van de potentiële maatregelen die een natuurbeheerder tot beschikking heeft om op P-rijke gronden natuur te ontwikkelen. Welke maatregel de beste keus is, zal van geval tot geval verschillen en is afhankelijk van verschillende factoren. In ons project hebben we middels een overzichtelijk stappenplan deze keuzes op een rij gezet en geven we advies wat te doen in welke situatie.

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding en achtergrond	7
1.2	Doel	7
1.3	Samenwerkingsverband	8
1.4	Leeswijzer	8
2	Onderzoek naar (meerjarige) effecten van drinkwaterslib op verschillende bodemtypen- Deel 1. Voortzetting pilot	9
2.1	Doel en onderzoeksvragen	9
2.2	Aanpak	9
2.3	Resultaten	13
2.4	Samenvatting	23
3	Onderzoek naar (meerjarige) effecten van drinkwaterslib op verschillende bodemtypen- Deel 2. Nieuwe proeflocaties	24
3.1	Doel en onderzoeksvragen	24
3.2	Selectie van proefgebieden	24
3.3	Resultaten	32
3.4	Samenvatting	39
4	Onderzoek naar techniek van opbrengen drinkwaterslib	42
4.1	Doel en onderzoeksvragen	42
4.2	Aanpak	42
4.3	Resultaten	45
4.4	Samenvatting	48
5	Effecten op bodemorganismen	49
5.1	Introductie	49
5.2	Achtergrondinformatie springstaarten	49
5.3	Methode	50
5.4	Resultaten	51
5.5	Discussie	62
6	Juridische aspecten toepassing	65
6.1	Aanleiding	65
6.2	Wettelijke kaders	65
6.3	Conclusies	67
7	Aanbod en selectie geschikt slib	68
7.1	Selectie geschikt slib	68
7.2	Selectiecriteria samenstelling	68
7.3	Aanbod geschikte slibben	68
7.4	Selectie geschikte slibben	69

7.5	Conclusies	70
8	Kosten en logistiek toepassing drinkwaterslib	71
8.1	Leveringsketen	71
8.2	Tussenopslag	72
8.3	Kosten	72
8.4	Vergelijking kosten alternatieven	73
8.5	Conclusie	74
9	Beantwoording onderzoeksvragen en stappenplan	75
9.1	Beantwoording onderzoeksvragen	75
9.2	Stappenplan toepassing drinkwaterslib	77
9.3	Aanbevelingen	82
10	Literatuurlijst	83
11	Bijlagen	85

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

Fosfaat(P)-rijke bodems zijn een belemmering voor de ontwikkeling van waardevolle natuur. Dit geldt niet alleen voor bestaande natuurgebieden, maar ook voor landbouwgronden die een natuurbestemming krijgen. Het afgraven van deze P-rijke grond (ontgronden) is niet alleen een dure maatregel, maar is soms ook niet mogelijk vanwege aanwezige cultuurhistorische en/of archeologische waarden, of vanwege negatieve gevolgen voor de lokale waterhuishouding. Uit onderzoek in Nederland (Koopmans et al., 2010), maar ook uit buitenlandse toepassingen (o.a. Agyin-Birikorang et al., 2013), blijkt het mengen van drinkwaterslib met deze P-rijke bodems een effectieve maatregel om P aan de bodem te binden en zo de P-beschikbaarheid voor planten te verkleinen.

Dit P-bindend vermogen van ijzeroxides werd al begin jaren tachtig onderkend (Borggaard, 1983) en de totale hoeveelheid P die aan de bodem kan worden gebonden is onder andere gerelateerd aan de hoeveelheid amorf ijzer (Fe_{ox}) en aluminium (Al_{ox}) in de bodem (Freese et al., 1992). De effectiviteit en stabiliteit van P-binding door de bodem is afhankelijk van de bodem-pH, de ionensamenstelling van het bodemvocht, de aanwezigheid van organisch materiaal (Weng, 2012), de aanwezigheid van andere elementen die P binden (zoals Ca, en Al), en de redoxconditie van de bodem. Data over de stabiliteit van deze P-binding in bodems zijn schaars, maar laboratorium experimenten toonden aan dat zelfs na 139 dagen inundatie, wat leidde tot reducerende omstandigheden in de bodem, slechts 1% van gebonden P vrijkwam (Sherwood & Qualis, 2001). De P-binding door de bodem kan op lange termijn stabiel zijn (Makris et al., 2005), maar gezien het grote aantal factoren dat van invloed is op deze binding, is meer onderzoek naar dit onderwerp gewenst.

Drinkwaterslib ontstaat op locaties waar grondwater wordt gezuiverd tot drinkwater. Afhankelijk van de zuiveringsprocessen bestaat het gevormde drinkwaterslib uit vrijwel volledig ijzerslib of uit kalkslib, of een mengvorm van beide. De voorlopige resultaten van een eerste, kleinschalige veldproef op zand zijn veelbelovend (Dorland et al., 2016), maar maken ook duidelijk dat meer onderzoek nodig is naar de effecten van verschillende typen drinkwaterslib op uiteenlopende bodemtypen in Nederland en naar de meest geschikte wijze van toepassing.

1.2 Doel

Het doel van dit TKI-project is tweeledig:

- 1) Het opbouwen van (meerjarige) ervaring met de toepassing van drinkwaterslib van verschillende samenstellingen (ijzerslib of ijzerkalkslib) op een aantal verschillende bodemtypen en vochtcondities (gradiënt van droog naar nat) in Nederland om zo P te immobiliseren.
- 2) Het ontwikkelen van een machine (inclusief formuleren van specificaties) die met minimale bodemdruk, goede menging en constante dosering drinkwaterslib kan opbrengen ongeacht de consistentie van het slib en bodemtype.

Deze doelen zijn vertaald naar twee verschillende onderzoekslijnen:

Onderzoekslijn 1: Onderzoek naar (meerjarige) effecten van drinkwaterslib op verschillende bodemtypen;

Onderzoekslijn 2: Onderzoek naar techniek van opbrengen drinkwaterslib.

1.3 Samenwerkingsverband

Het onderzoeksconsortium bestaat uit een groot aantal organisaties die tezamen een breed spectrum beslaan: drinkwaterbedrijven, marketing van reststoffen, terreinbeheerders, kennisinstituten, provinciale overheden en MKB (Tabel 1-1).

TABEL 1-1. OVERZICHT VAN DEELNEMENDE PARTNERS

Partner	Rol in project
KWR	Consortiumpartner/projectleider/penvoerder
Brabant Water	Consortiumpartner
Vitens	Consortiumpartner
Waterbedrijf Groningen	Consortiumpartner
AquaMinerals (voorheen Reststoffenunie)	Consortiumpartner
Loonbedrijf Groot Zevert	Consortiumpartner
Natuurmonumenten	Consortiumpartner
Stichting Het Drentse Landschap	Consortiumpartner
Stichting Het Utrechts Landschap	Consortiumpartner
Stichting Het Noordbrabants Landschap	Consortiumpartner
Stichting Het Groninger Landschap	Project-partner
Wolterink Technisch Centrum B.V.	Project-partner
Wageningen Environmental Research (voorheen Alterra)	Project-partner
Onderzoekscentrum B-WARE	Project-partner

1.4 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten van vier jaar onderzoek naar de toepassing van ijzerrijk drinkwaterslib op fosfaatrijke gronden. In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op het pilotonderzoek dat in 2013 in één terrein is gestart (onderdeel van onderzoekslijn 1). Dit experiment, dat oorspronkelijk was opgezet vanuit het Bedrijfstakonderzoek van KWR, heeft in 2015 binnen dit TKI-project een vervolg gekregen in de vorm van een aanvullende monitoringsronde. Hoofdstuk 3 presenteert het onderzoek dat, gebaseerd op de bevindingen uit de pilot, in een drietal nieuwe proeflocaties is uitgevoerd (onderzoekslijn 1). In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de technologische kant van dit onderzoek: de ontwikkeling en toepassing van een speciaal ontwikkelde machine voor de toediening van het drinkwaterslib (onderzoekslijn 2). Hoofdstuk 5 gaat in op een apart onderdeel van ons onderzoek: de mogelijke effecten van ijzerslib op het bodemleven, toegespitst op springstaarten. Behalve deze experimentele onderzoekskanten, kent de toepassing van drinkwaterslib ook een juridische en logistieke kant. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de wetgeving die op het gebruik van drinkwaterslib in natuurgebieden van toepassing is. Hoofdstuk 7 geeft de resultaten van onze analyse van het aanbod van potentieel geschikte drinkwaterslibben. In hoofdstuk 8 wordt een indicatie gegeven van de kosten die met deze toepassing gemoeid zijn. Tenslotte worden in hoofdstuk 9 alle bevindingen samengevat en wordt een stappenplan gepresenteerd voor de afwegingen bij de toepassing van drinkwaterslib.

2 Onderzoek naar (meerjarige) effecten van drinkwaterslib op verschillende bodemtypen- Deel 1. Voortzetting pilot

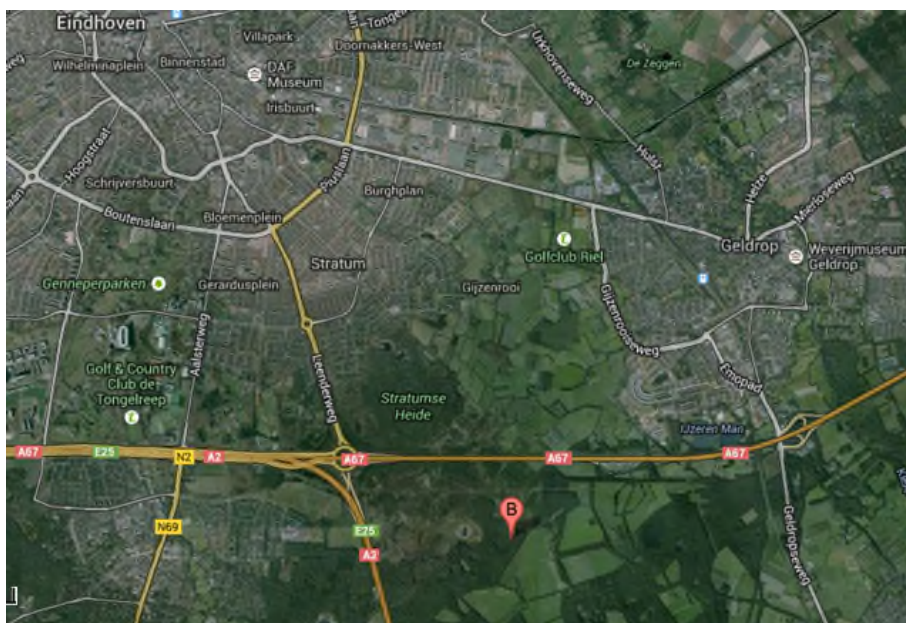
2.1 Doel en onderzoeksvragen

Kennis van de duur van effecten van drinkwaterslib op bodemchemie en vegetatie zijn schaars. Het doel van dit onderzoek is om meerjarige veldresultaten te verkrijgen van de toepassing van ijzerslib door de veldproef, die in 2013 in het kader van Bedrijfstakonderzoek van KWR is gestart, met één jaar monitoring te verlengen. De onderzoeksvragen die hier centraal staan, zijn:

- Leidt toepassing van ijzerslib tot een meerjarige verlaging van de fosfaatbeschikbaarheid op zandgrond?
- Heeft de toepassing van ijzerslib een positief effect op de vegetatie ontwikkeling, zoals een toename van soorten die kenmerkend zijn voor schrale graslanden?

2.2 Aanpak

In 2013 is door KWR een veldproef ingericht in het gebied Groote Heide nabij Heeze (Figuur 2-1). Dit 1.100 ha grote gebied is grotendeels in bezit van Brabant Water, Stichting het Noordbrabants Landschap en de gemeente Heeze-Leende. Tot 1900 bestond het gebied uit open heidelandschap met (zeer) grote en kleine vennen. Het was destijds onderdeel van een 5.000 ha groot heidegebied dat zich uitstreckte van Eindhoven tot aan de Belgische grens. Het perceel waar dit experiment is ingericht bleek uit vooronderzoek de hoogste P-beschikbaarheid te hebben (zie Dorland et al. (2015) voor een uitgebreidere beschrijving van deze selectie). Vervolgens is op basis van de chemische samenstelling van de bodem en ijzerslib van winning Vessem (PSI = 0.014, Fe-gehalte = 40%, drogestofgehalte van 23 %) de hoeveelheid op te brengen dosis slib berekend. Middels een incubatieproef werd aangetoond dat deze berekende dosis daadwerkelijk leidde tot de gewenste verlaging van het gehalte aan beschikbaar P.

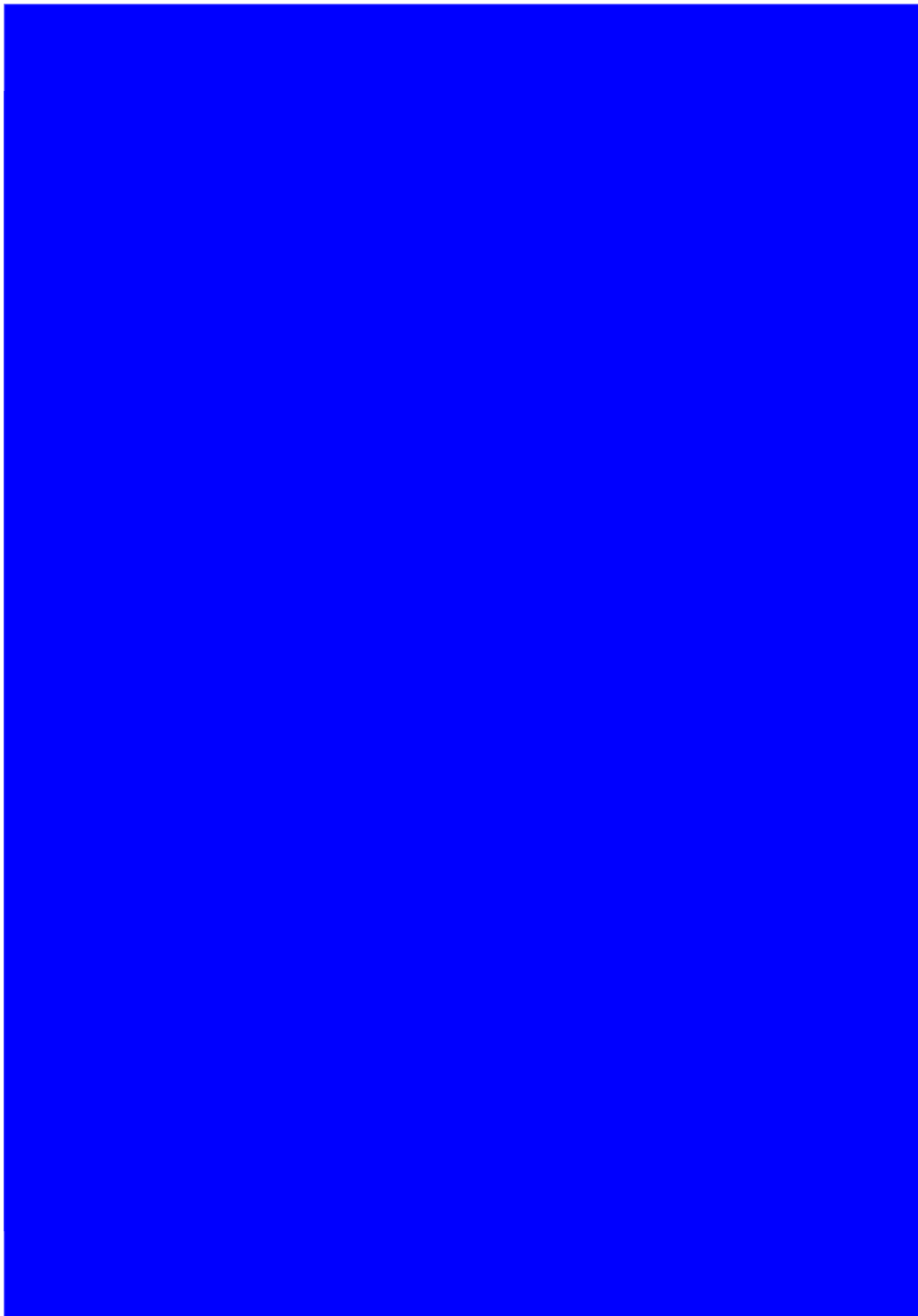


FIGUUR 2-1. LIGGING GROOTE HEIDE (B) TEN OPZICHTE VAN EINDHOVEN EN SNELWEGEN A2 EN A57.

Ijzerslib is op 25 juni 2013 met een mestinjecteur toegediend in proefvlakken van 6 x 6 m waarvan de zode (de bovenste ca. 5 cm van de bodem) wel of niet was verwijderd (Tabel 2-1). Na toediening is het ijzerslib middels frezen (freesdiepte van 20 cm) gemengd met de bodem. Om de effecten van zode verwijdering en frezen zelf te onderzoeken, zijn deze behandelingen ook zonder combinatie met ijzerslib uitgevoerd. Elke behandeling is in twee- of drievoud uitgevoerd. Figuur 2-2 geeft een schematisch overzicht van alle behandelingen. Een foto impressie van de toepassing en inrichting van de veldproef is weergegeven in Figuur 2-3.

TABEL 2-1. BEHANDELINGEN IN VELDPROEF GROOTE HEIDE.

Behandeling	Code	Zode verwijderd	Ijzerslib	Dikte ijzersliblaag (cm)	Gefreesd	Aantal replica's
Ijzerslib	FFe	Nee	Ja	0.64	Ja	3
Ijzerslib na zode verwijdering	ZFFe	Ja	Ja	0.46	Ja	3
Zode verwijdering	Z	Ja	Nee	0	Nee	2
Zode verwijdering en frezen	ZF	Ja	Nee	0	Ja	3
Frezen	F	Nee	Nee	0	Ja	3
Niets doen (controle)	C	Nee	Nee	0	Nee	2



FIGUUR 2-2. OVERZICHT VAN BEHANDELINGEN. ELKE RIJ IS CA. 8M BREED. PROEFVLAKKEN ZIJN 6 X 6 M MET CA 1.5 M TUSSENRUIMTE.



A. GROOTE HEIDE VOORAFGAAND AAN
BEHANDELINGEN



B. VERWIJDERDE ZODEN VOORSTE DEEL



C. INJECTEREN IJZERSLIB



D. INJECTEREN IJZERSLIB NA ZODE VERWIJDERING



E. FREZEN VAN VLAK ZONDER IJZERSLIB



F. FREZEN VAN VLAK MET IJZERSLIB



G. BEELD NA FREZEN IN VLAK MET ZODE



H. OVERZICHT VAN INGERICHTE PROEFVLAKKEN

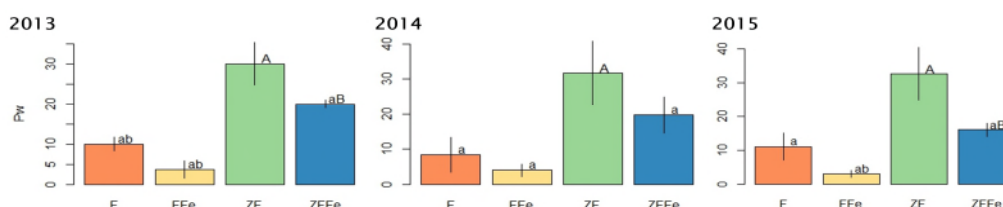
FIGUUR 2-3. OVERZICHT VAN BEHANDELINGEN IN GROOTE HEIDE.

2.3 Resultaten

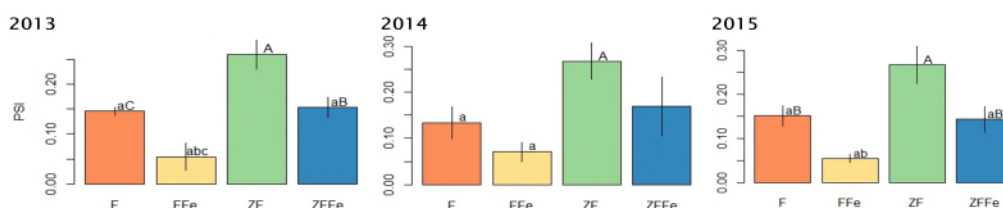
2.3.1 Bodemchemie

2.3.1.1 Effect ijzerslibbehandeling op Pw en PSI

De toediening van ijzerslib heeft geleid tot een duidelijke verlaging van zowel de gemiddelde Pw-waarde als van de PSI (Figuur 2-4 en Figuur 2-5). Deze afname was het grootst in de proefvlakken waar de zode was verwijderd. Echter, in deze proefvlakken was de afname in zowel Pw als PSI onvoldoende om onder de grenswaarden voor deze variabelen uit te komen. Deze grenswaarden geven de maximale waarden aan waarbij de voedselrijkdom (P-beschikbaarheid in dit geval) nog voldoende laag is om de ontwikkeling van schrale natuur mogelijk te maken. In de proefvlakken met zode waren zowel de Pw als de PSI op T0 al aanzienlijk lager dan in de proefvlakken zonder zode, en de toediening van ijzerslib verlaagde deze waarden tot ruim beneden de grenswaarden. Op dit wat onverwachte verschil wordt in de volgende paragraaf ingegaan.



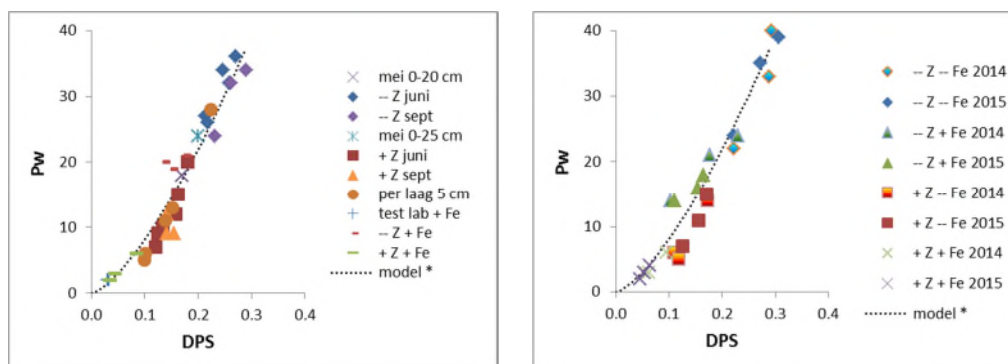
FIGUUR 2-4. GEMIDDELDE PW-WAARDEN (+S.E.) OP T0 (VÓÓR DE BEHANDELING OP 25 JUNI 2013) EN RUIM 1 JAAR LATER (T2, SEP 2014). STREEFWAARDE VOOR EEN GUNSTIGE UITGANGSSITUATIE VOOR NATUURONTWIKKELING IS EEN PW-WAARDE ≤ 10 MG P_2O_5 /L GROND (CHARDON, 2009). DE BEHANDELINGEN MET GROTE EN KLEINE LETTERS ZIJN SIGNIFICANT VERSCHILLEND ($P < 0.05$ MET MULTIPLE COMPARISON TEST (TURKEY'S HSD)).



FIGUUR 2-5. GEMIDDELDE PSI-WAARDEN (+S.E.) OP T0 (VOOR DE BEHANDELING OP 25 JUNI 2013) EN RUIM 1 JAAR LATER (T2, SEP 2014). STREEFWAARDE VOOR EEN GUNSTIGE UITGANGSSITUATIE VOOR NATUURONTWIKKELING IS EEN PSI-WAARDE ≤ 0.1 (CHARDON, 2009). DE BEHANDELINGEN MET GROTE EN KLEINE LETTERS ZIJN SIGNIFICANT VERSCHILLEND ($P < 0.05$ MET MULTIPLE COMPARISON TEST (TURKEY'S HSD)).

De relatie tussen de gemeten Pw-waarden en PSI waren in 2013, 2014 en 2015 conform de relatie die uit de literatuur bekend is voor deze parameters (Chardon, 2004; Figuur 2-7). Dit

betekent dat de gemeten waarden, ongeacht de behandeling die de proefvlakken hebben ondergaan, betrouwbaar zijn.

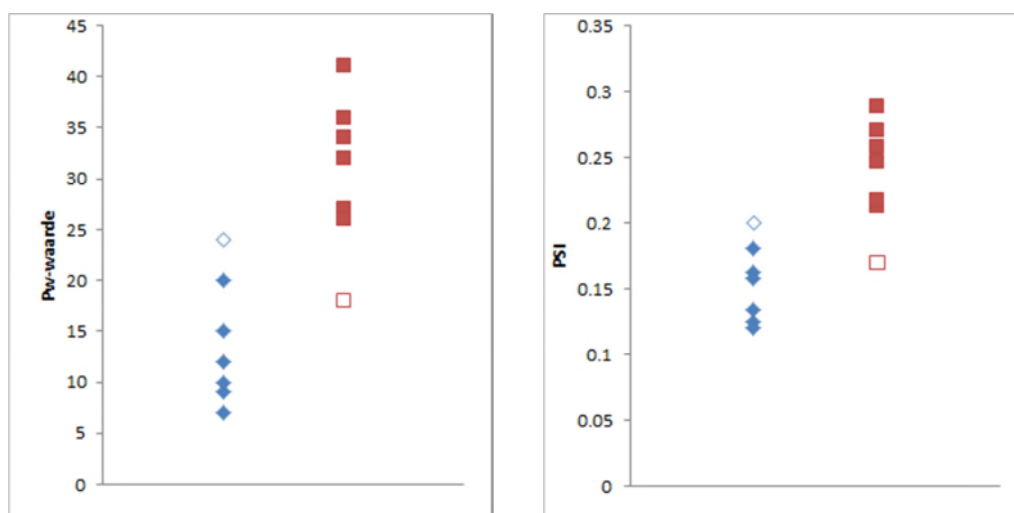


FIGUUR 2-6. VERBAND TUSSEN PW EN PSI (DPS GENOEMD IN DEZE FIGUUR; $= (P/[AL+FE]) - OX$). LINKS VOOR ALLE ANALYSES DIE IN 2013 WERDEN UITGEVOERD, EN RECHTS AAN MONSTERS DIE WERDEN GENOMEN IN 2014 EN 2015. IN BEIDE DATASETS IS DEZELFDE CURVE GETEKEND (CHARDON, 1994.)

2.3.1.2 Bodemcondities op T0 in meer detail

In de voorgaande paragraaf is beschreven dat de verlaging van de P-beschikbaarheid in de proefvlakken waar de zode was verwijderd, minder was dan verwacht op basis van de berekende hoeveelheid op te brengen ijzerslib. Doel was immers om ook hier de P-beschikbaarheid tot onder de grenswaarden te verlagen.

Een belangrijke reden voor het tegenvallende resultaat is het verschil in P-beschikbaarheid bij de start van deze veldproef, na het aanleggen van de proefvlakken, maar vlak voor het opbrengen van ijzerslib (T0, juni 2013) en op het moment van voorselectie van dit perceel in mei 2013. Bij de voorselectie waren de Pw- en PSI-waarden van de verzamelde mengmonsters van de bodemlaag 5-25 cm (zonder zode dus) lager dan de gemiddelde waarden van de proefvlakken op T0 in het deel waar de zode was verwijderd (Figuur 2-7). Voor de situatie met intacte zode (0-25 cm) werd het omgekeerde gemeten, daar waren de Pw- en PSI-waarden op T0 juist lager dan in mei. Aangezien de P-beschikbaarheid op het moment van de voorselectie is gebruikt om de hoeveelheid toe te dienen ijzerslib te berekenen, heeft dit geleid tot een onderschatting van de benodigde hoeveelheid ijzerslib voor de proefvlakken zonder zode. Voor de proefvlakken met zode heeft dit daarentegen geresulteerd in een overschatting van de benodigde hoeveelheid ijzerslib. Het is hierdoor dus niet meer mogelijk om de effectiviteit van ijzerbehandeling op bodems met en bodems zonder zode met elkaar te vergelijken.



FIGUUR 2-7. PW (LINKS) EN PSI (RECHTS) VOOR DE SITUATIE MET ZODE (BLAUW, 0-25 CM) EN ZONDER ZODE (ROOD, 5-25 CM). DE GEMETEN WAARDEN OP T0 BETREFFEN DE GESLOTEN SYMBOLEN. DE OPEN SYMBOLEN GEVEN DE WAARDEN WEER DIE TIJDENS DE VOORSELECTIE ZIJN GEMETEN ALS GEMIDDELDE VOOR HET GEHELE PERCEEL.

Uit Figuur 2-7 blijkt ook een ander belangrijk en onverwacht verschil tussen de metingen van de voorselectie en T0. De P-beschikbaarheid in de mengmonsters die bij de voorselectie werden verzameld was hoger in monsters uit de laag 0-25 cm (met zode) dan in die uit de laag 5-25 cm (zonder zode). Op T0, toen de zode dus daadwerkelijk verwijderd was in dat deel van de proef, werd het tegenovergestelde gemeten: hogere P-beschikbaarheid in de vlakken zonder zode waar monsters uit de laag 0-20 cm werden genomen, dan bij de voorselectie in de monsters voor 0-25 cm was gemeten.

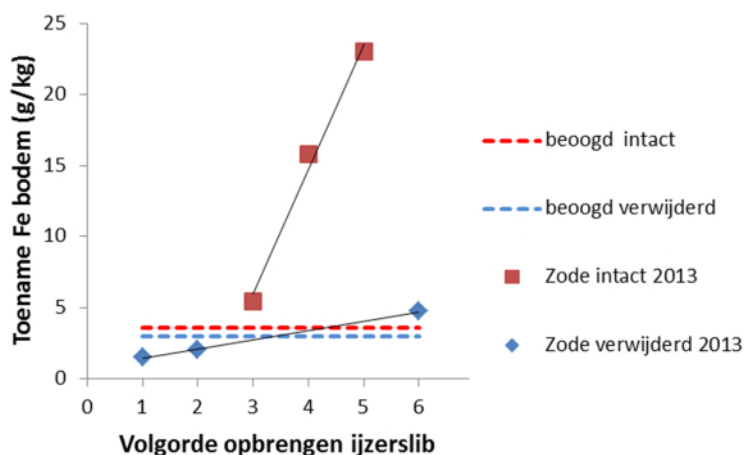
Om dit verschil nader te onderzoeken is op tijdstip T1 (sep. 2013) op een ongestoorde plek buiten de proefvlakken een monster genomen van elke 5 cm tot aan een diepte van 25 cm. Ook van deze monsters werden Pw en PSI bepaald (uitkomsten staan in Tabel 2-2). Uit deze metingen blijkt dat de bovenste bodemlaag (0-5 cm) de hoogste P-beschikbaarheid heeft. De P-beschikbaarheid neemt af met toenemende diepte. Op basis van deze gegevens zou men verwachten dat de gemiddelde P-beschikbaarheid van de bodemlagen 0-25 cm (met zode dus) hoger is dan van de bodemlagen 5-25 cm (zonder zode): de situatie die wel tijdens de voorselectie werd gemeten, maar niet op T0 (Figuur 2-7). Dit kan dus niet de verklaring zijn voor de in Figuur 2-4 weergegeven verschillen. Een andere mogelijke verklaring kan zijn dat de percelen die het dichtst bij de weg liggen in het verleden het meest bemest zijn, waardoor ook de diepere bodemlagen P-rijk zijn. Het verwijderen van de zode in deze voorste delen, leidde daardoor niet tot voldoende afname van de P-beschikbaarheid.

TABEL 2-2. FOSFAATBESCHIKBAARHEID (PW) EN VERZADIGINGSINDEX (PSI) VAN BODEMLAGEN PER 5 CM, GEMETEN OP ÉÉN PLEK WAAR DE ZODE NIET VERWIJDERD WAS.

parameter	eenheid	Bodemlaag (cm)				
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Pw	mg P ₂ O ₅ /L grond	28	13	11	5	6
PSI	mol/mol	0.22	0.15	0.14	0.10	0.10

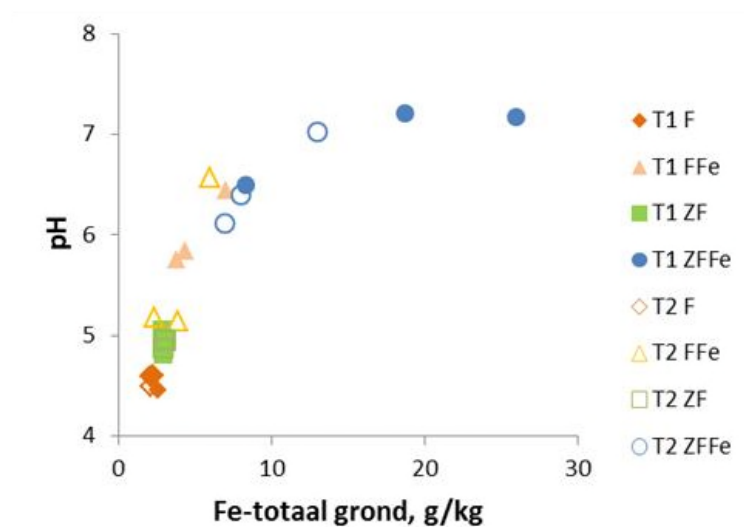
2.3.1.3 Toediening ijzerslib in de tijd

Een ander onverwacht knelpunt in de toediening van ijzerslib was het feit dat de dosis ijzerslib gedurende het uitrijden niet constant is gebleken. Elk van de drie replica's per behandeling had dezelfde dosis ijzerslib moeten krijgen, maar dit bleek niet het geval. Door te bepalen wat de toename in het gehalte aan totaal Fe (gemeten via een destructie met aqua regia) was als gevolg van de ijzerslibbehandeling, blijkt dat deze toename groter was naarmate een plot later tijdens het uitrijden was behandeld, en dat dit effect veel sterker optrad bij de proefvlakken waar de zode niet was verwijderd (Figuur 2-8). Met name bij proefvlakken 4 en 5 was de toename in totaal-Fe vele malen groter dan beoogd.



FIGUUR 2-8. TOENAME VAN TOTAAL-FE T.O.V. GEMIDDELDE VAN 3 ONBEHANDELDE PROEFVLAKKEN, WEERGEGEVEN IN DE VOLGORDE VAN OPBRENGEN VAN HET IJZERSLIB. MET HORIZONTALE LIJNEN IS AANGEGEVEN WAT DE BEOOGDE TOENAME WAS VAN FE.

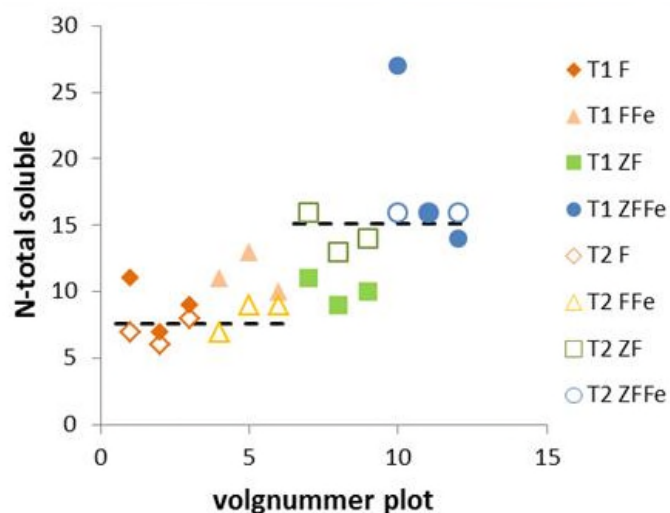
De – onbedoeld – sterk uiteenlopende hoeveelheden ijzerslib die zijn opgebracht hebben behalve tot grote verschillen in gehalte aan Fe, ook geleid tot uiteenlopende waarden van de pH van de bodem (Figuur 2-9). De toename van de pH kan worden toegeschreven aan het feit dat het in deze proef gebruikte ijzerslib, afkomstig van de productielocatie Vessem, een vrij grote hoeveelheid Ca bevat. In eerder onderzoek werd vastgesteld dat dit slib (omgerekend) 20 % CaCO_3 bevat, dat afkomstig is van het filterbed dat op deze locatie bestaat uit marmerkorrels (Koopmans et al., 2010).



FIGUUR 2-9. VERBAND TUSSEN DE PH EN HET TOTAALGEHALTE AAN FE IN DE BODEM.

2.3.1.4 Stikstof

In een extract met 0,01M CaCl_2 werd het totaalgehalte aan (organisch + anorganisch) N gemeten. De gehalten hieraan is voor de 12 proefvlakken voor T1 en T2 weergegeven in Figuur 2-10. Hieruit blijkt dat het gemiddelde gehalte aan N-ts hoger ligt in de proefvlakken met de nog aanwezige, maar gefreesde zode: de gemiddelden voor zowel wel als geen ijzerslib lagen hier op T2 (sept. 2014) op 15.3 mg N/kg, en in de proefvlakken waar de zode was verwijderd was dit 7.7 mg/kg. Het toedienen van ijzerslib had slechts een beperkt effect.

FIGUUR 2-10. GEHALTE AAN TOTAAL OPLOSBAAR N (N-TS), GEMETEN IN EEN EXTRACT MET 0,01M CaCl_2 .

2.3.1.5 Zware metalen

In Bijlage I voor T2 samengevat wat de gehalten waren van een aantal elementen, waaronder zware metalen, op de verschillende proefvlakken. De gehalten werden zowel gemeten in een extract met 0.01 M CaCl_2 , wat een maat geeft voor de gemakkelijk beschikbare fractie, als na

een aqua regia destructie (HNO_3 -HCL); dit geeft een maat voor de totaalgehalten. Voor alle gemiddelde waarden van de drie proefvlakken werd de verhouding berekend voor de gemiddelde gehalten van de +Fe-variant en de -Fe-variant. Een waarde > 1 betekent dan dat het toedienen van Fe-slib een gehalte verhoogt.

Na destructie was dit voor een aantal elementen het geval, namelijk voor Ca, Fe, Mn, Co, en V. Voor Co en V was dit echter niet significant bij de proefvlakken waar de zode was verwijderd, omdat het verschil tussen de gemiddelde waarden kleiner was dan de som van de standaardafwijkingen van de gemiddelden. Voor V was ook de variant met intacte zode niet significant.

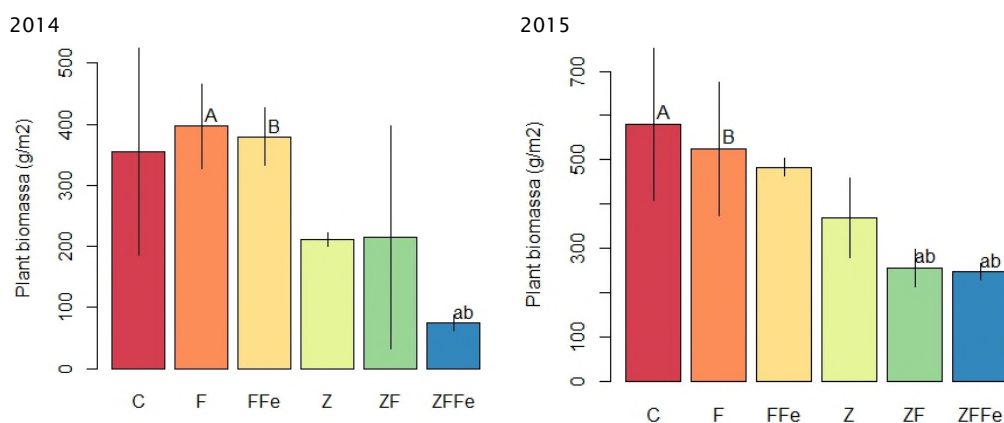
In het CaCl_2 -extract is de waarde vaak <1, wat betekent dat toedienen van ijzerslib leidde tot een verlaging van het direct beschikbaar gehalte, voor: Al, P, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn. Significant was dit effect voor Al, As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, en Zn. Het gehalte aan direct beschikbaar S wordt significant verhoogd voor de variant met intacte zode.

2.3.2 Vegetatie

2.3.2.1 Biomassaproductie

Uit de metingen na het 2^e groeiseizoen, in 2014, bleek dat de toevoeging van ijzerslib een dalend (maar niet significant) effect had op de biomassaproductie in de gefreesde proefvlakken (FFe in vergelijking tot F) en een dalend (maar niet significant) effect in de proefvlakken waar de zode was verwijderd en gefreesd (ZFFe t.o.v. ZF) (Figuur 2-11 links). Na het 3^e groeiseizoen, in 2015, waren deze effecten van ijzerslib minder duidelijk (Figuur 2-11 rechts).

De biomassa werd lager door de zode verwijdering, zoals in Z in vergelijking tot C, ZF in vergelijking tot F, en ZFFe t.o.v. FFe. Dit verschil was echter alleen significant na het 2^e groeiseizoen in de met ijzerslib behandelde proefvlakken (ZFFe t.o.v. FFe in 2014). De effecten van zode verwijdering waren ook na het 3^e groeiseizoen in 2015 nog zichtbaar, zij het niet significant.



FIGUUR 2-11. BOVENGRONDSE PLANTENBIOMASSA (G DROOGGEWICHT /M²) AAN HET EIND VAN HET 2^e (SEPTEMBER 2014) EN 3^e GROEISEIZOEN (SEPTEMBER 2015). DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN (N = 2 VOOR 'C' EN 'Z', N=3 VOOR DE OVERIGE BEHANDELINGEN) EN STANDAARDDEVIATIES. ZIE FIGUUR 2-12 VOOR DE AFKORTINGEN VAN DE BEHANDELINGEN.

2.3.2.2 Nutriëntengehalte

Het nutriëntengehalte in de biomassa van de proefvlakken is op twee manieren onderzocht, namelijk voor de totale biomassa, en apart voor het gras Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), dat in alle proefvlakken voorkwam. Dit laatste werd gedaan om eventuele verschillen in nutriëntengehalte die worden veroorzaakt door verschillen in soortensamenstelling, uit te kunnen sluiten.

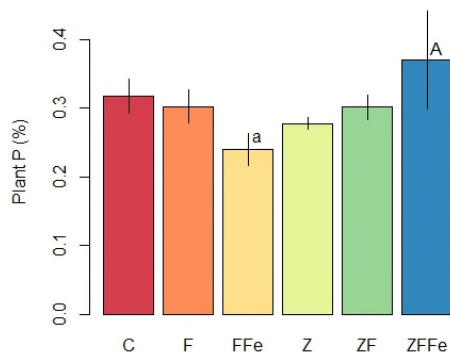
Na het 2^e groeiseizoen was het fosforgehalte van Gestreepte witbol verhoogd (hoewel niet significant) door de toevoeging van ijzerslib (FFe in vergelijking tot F) maar verlaagd in de proefvlakken waar de zode was verwijderd (ZFFe t.o.v. ZF) (Figuur 2-12a links). Na het 3^e groeiseizoen werd het fosforgehalte iets lager (hoewel niet significant) door ijzerslib ongeacht of de zode verwijderd was (Figuur 2-12a rechts).

De N:P ratio was verhoogd (hoewel niet significant) door de toevoeging van ijzerslib aan de proefvlakken (FFe in vergelijking tot F) (Figuur 2-12c). In de proefvlakken waar de zode was verwijderd, was de N:P ratio vrijwel hetzelfde in de proefvlakken met en zonder ijzerslib gift (ZFFe in vergelijking tot ZF) (Figuur 2-12c).

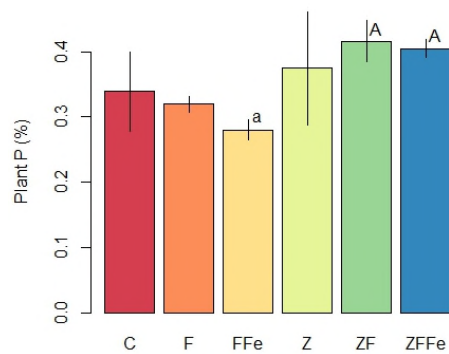
De trends in het nutriëntengehalte van de totale biomassa waren vergelijkbaar met die van Gestreepte witbol (Figuur 2-13 a-c).

a) Fosfor (%) in Gestreepte witbol

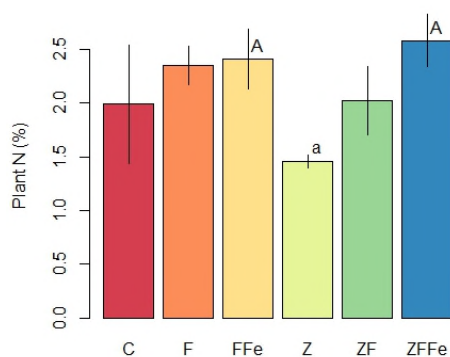
2014



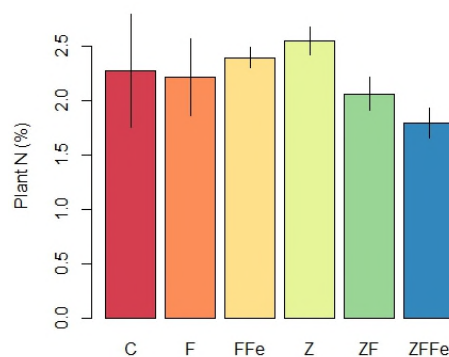
2015

**b) Stikstof (%) in Gestreepte witbol**

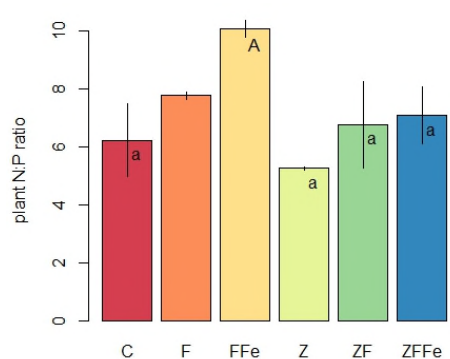
2014



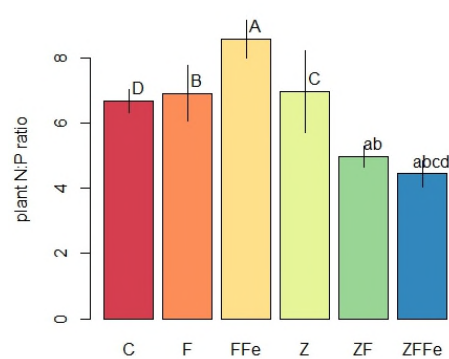
2015

**c) Stikstof : Fosfor ratio in Gestreepte witbol**

2014



2015



C: Controle

F: Frezen

FFe: Frezen + Ijzerslib

Z: Zode verwijderen

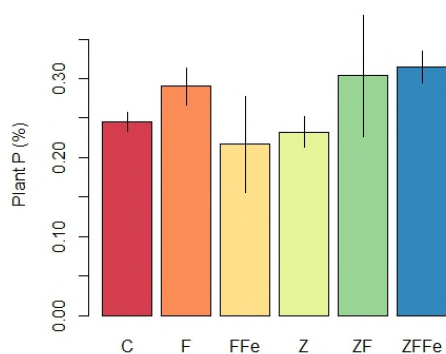
ZF: Zode verwijderen + Frezen

ZFFe: Zode verwijderen + Frezen + Ijzerslib

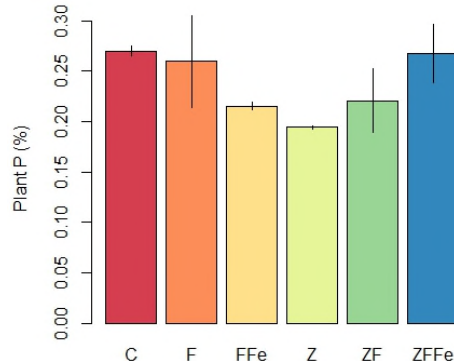
FIGUUR 2-12. CONCENTRATIES (%) VAN FOSFOR (A), STIKSTOF (B), EN DE STIKSTOF : FOSFOR RATIO IN G/G (C) IN BOVENGRONDSE BIOMASSA VAN VIJF GEZONDE INDIVIDUEN VAN GESTREEPTE WITBOL AAN HET EIND VAN HET 2^e (SEPTEMBER 2014) EN 3^e GROEISEIZOEN (SEPTEMBER 2015). DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN (N = 2 VOOR C EN Z, N=3 VOOR DE REST VAN DE BEHANDELINGEN) EN STANDAARDDEVIATIES.

a) Fosfor (%) in de totale biomassa

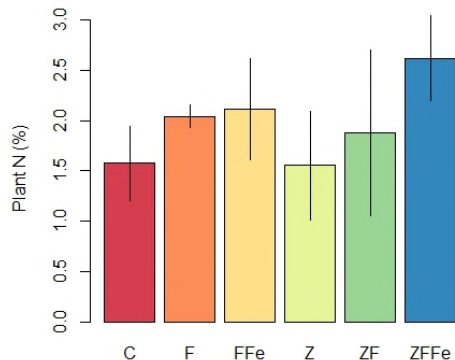
2014



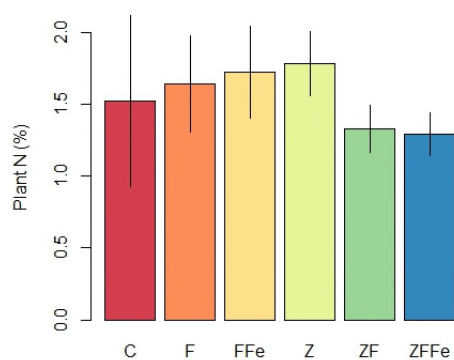
2015

**b) Stikstof (%) in de totale biomassa**

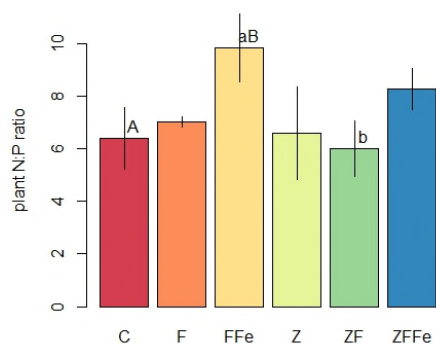
2014



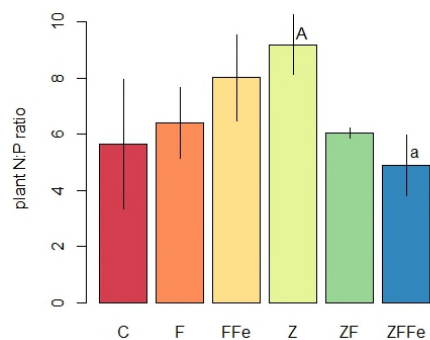
2015

**c) Stikstof : Fosfor ratio in de totale biomassa**

2014



2015

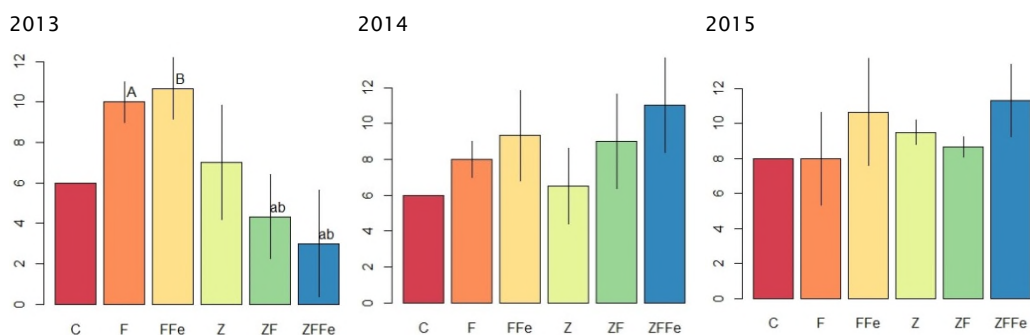


FIGUUR 2-13. CONCENTRATIES (%) VAN FOSFOR (A), STIKSTOF (B), EN DE STIKSTOF : FOSFOR RATIO IN G/G (C) IN BOVENGRONDSE BIOMASSA IN DE TOTALE BIOMASSA AAN HET EIND VAN HET 2^e (SEPTEMBER 2014) EN 3^e GROEISEIZOEN (SEPTEMBER 2015). DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN (N = 2 VOOR C EN Z, N=3 VOOR DE REST VAN DE BEHANDELINGEN) EN STANDAARDDEVIATIES. ZIE FIGUUR 2-12 VOOR DE AFKORTINGEN VAN DE BEHANDELINGEN.

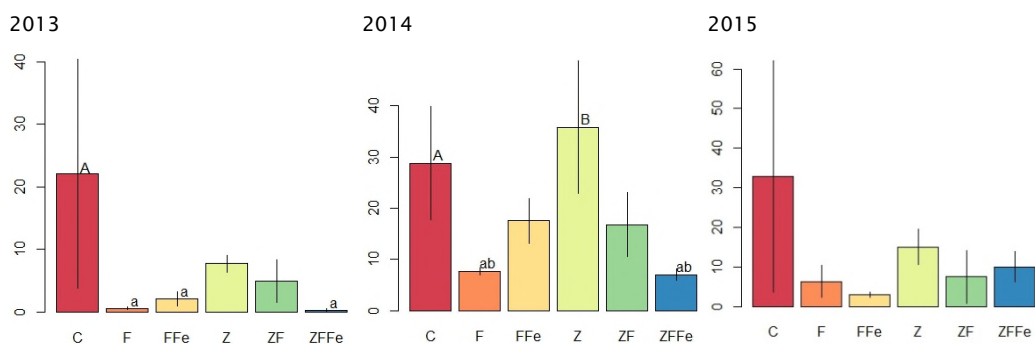
2.3.2.3 Plantensoorten

De toevoeging van ijzerslib leidde in de proefvlakken waar de zode niet verwijderd was binnen enkele maanden tot hogere aantallen plantensoorten (hoewel niet significant). Dit effect was ook na het 2^e en 3^e groeiseizoen nog waarneembaar (FFe in vergelijking tot F, Figuur 2-14). In de met ijzerslib behandelde proefvlakken waar de zode wel was verwijderd, was in het 2^e en 3^e groeiseizoen het aantal plantensoorten ook hoger (ZFFe t.o.v. ZF, Figuur 2-14).

Hoewel de gras:kruid ratio in vrijwel alle proefvlakken lager was dan in de controle proefvlakken, had de toevoeging van ijzerslib zelf geen duidelijk effect op deze ratio (Figuur 2-15). Opmerkelijk is de grote jaar tot jaar variatie van de gras:kruid ratio.



FIGUUR 2-14. AANTAL PLANTENSOORTEN (GRASSEN EN KRUIDEN) IN PROEFVLAKKEN VAN 2X2 M AAN HET EIND VAN HET 1^E (SEPTEMBER 2013), 2^E (SEPTEMBER 2014), EN 3^E GROEISEIZOEN (SEPTEMBER 2015). DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN (N = 2 VOOR 'C' EN 'Z', N=3 VOOR DE REST VAN DE BEHANDELINGEN) EN STANDAARDDEVIATIES. ZIE FIGUUR 2-12 VOOR DE AFKORTINGEN VAN DE BEHANDELINGEN.



FIGUUR 2-15. GRAS : KRUID RATIO AAN HET EIND VAN HET 1^E (SEPTEMBER 2013), 2^E (SEPTEMBER 2014), EN 3^E GROEISEIZOEN (SEPTEMBER 2015). DE RATIO WAS BEREKEND OP BASIS VAN DE BEDEKKINGSPERCENTAGES VAN BEIDE SOORTGROEPEN. DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN (N = 2 VOOR 'C' EN 'Z', N=3 VOOR DE REST VAN DE BEHANDELINGEN) EN STANDAARDDEVIATIES. ZIE FIGUUR 2-12 VOOR DE AFKORTINGEN VAN DE BEHANDELINGEN.

2.4 Samenvatting

In 2013 bleek de toediening van het ijzerslib bij de gevoerde methode een aantal problemen met zich mee te brengen. Zo bleek het Fe-gehalte van de bodem (bij gelijke behandelingen) meer gestegen te zijn in de proefvlakken die later in de tijd waren behandeld. Het is niet mogelijk gebleken te achterhalen wat hiervan de oorzaak was. Wellicht dat het ijzerslib in de tank van de mestinjecteur in de tijd is uitgezakt, wat tot een hogere concentratie Fe per liter heeft geleid. Goede menging van drinkwaterslib vooraf en tijdens het toedienen is derhalve van belang.

Ook was de uiteindelijk toegediende dosis niet in overeenstemming met de vooraf berekende dosis. Zo steeg het Fe-gehalte van de bodem meer dan berekend in de proefvlakken met zode, maar is juist te weinig Fe ingebracht in de proefvlakken waar de zode verwijderd was.

Eén van de onderzoeksvragen bij de start van deze pilot in 2013 was of voorafgaand aan het toedienen van drinkwaterslib, de zode verwijderd zou moeten worden. Aangezien het doel van deze maatregelen is om goede kiemings- en vestigingsomstandigheden te creëren voor doelsoorten, was de aanname dat het verwijderen van de zode waarschijnlijk een beter resultaat zou opleveren. Een nadeel hiervan zijn echter de kosten die met het verwijderen van deze zode gemoeid zijn. Ondanks bovengenoemde problemen met het toedienen van het ijzerslib, liet dit experiment zien dat in de proefvlakken waar de zode niet was verwijderd, na slechts drie maanden de gehele bodem alweer bedekt was. Na zode verwijdering was echter na 1 jaar nog kale grond aanwezig. Daarnaast bleek door frezen van de bodem, met name daar waar de zode niet was verwijderd, het N-gehalte van de vegetatie toegenomen te zijn. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door een tijdelijke toename van de stikstofmineralisatie als gevolg van verhoogde afbraak van organisch materiaal. Maar ook bevatte het slib in enige mate stikstof. De toegenomen stikstofbeschikbaarheid leidde, met name in de met ijzerslib behandelde proefvlakken waar de zode niet was verwijderd, tot een toename van ruigtesoorten als Gewone brandnetel en Akkerdistel (zie Bijlage tabel II). Op basis van deze resultaten was de conclusie dat het belangrijk is om de zode voorafgaand aan de toediening van drinkwaterslib te verwijderen.

Ondanks de bovengenoemde problemen met de dosering van het ijzerslib, waren in 2014 positieve effecten op de vegetatie waarneembaar. Zo was de biomassaproductie lager en de N:P (weliswaar niet significant) hoger. Deze verschillen waren in 2015 echter al minder duidelijk waarneembaar. Ook was de soortenrijkdom na het toedienen van het ijzerslib hoger dan in de controle situatie.

3 Onderzoek naar (meerjarige) effecten van drinkwaterslib op verschillende bodemtypen- Deel 2. Nieuwe proeflocaties

3.1 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van het onderzoek in dit onderdeel was inzicht te verkrijgen in de effecten van de toepassing van drinkwaterslib (ijzerslib en ijzerkalkslib) op de bodemchemie en vegetatie (op verschillende bodemtypen). Hierbij stonden de volgende onderzoeksvragen centraal:

- Verlaagt het mengen van drinkwaterslib met fosfaat(P)-rijke bodems de P-beschikbaarheid in de bovenste bodemlaag?
- Is dit effect afhankelijk van het bodemtype (zand, lemig zand, veen)?
- Heeft de toepassing van drinkwaterslib een positief effect op de vegetatie (toename soortenrijkdom door creëren van schrale omstandigheden?)

3.2 Selectie van proefgebieden

Betrokken terreinbeherende organisaties zijn gevraagd om potentiële gebieden aan te leveren die geschikt zouden zijn voor het uitvoeren van drie veldproeven. Op basis van beschikbare bodemchemische gegevens, aangevuld met eigen nieuwe metingen, is uiteindelijk gekomen tot de selectie van drie gebieden. Hierbij is rekening gehouden met de volgende selectiecriteria:

- Geografische ligging: locaties dienen verspreid door het land te liggen
- Bodemtype: locaties dienen onderling te verschillen in bodemtype
- Vochtigheid: locaties dienen onderling te verschillen in vochtcondities.

De uiteindelijke gebieden varieerden van vochtig veen in het noorden van het land (Onnerpolder, nabij Groningen), via zand/klei in het midden van het land (Bloemkampen, nabij Harderwijk, naar (lemig) zand in het zuiden van het land (De Scheeken, nabij Best). In Figuur 3-1 is de ligging van deze gebieden weergegeven.



FIGUUR 3-1. OVERZICHT VAN DE LIGGING VAN ALLE PROEFLOCATIES DIE IN DIT ONDERZOEK ZIJN GEBRUIKT. HET PILOT ONDERZOEK IS GESTART IN DE GROOTE HEIDE/GROOT HUISVEN. OP LANDGOED MENTINK ZIJN DE VELDTESTEN MET DE ONTWIKKELDE INJECTEUR UITGEVOERD (ZIE HOOFDSTUK 4).

3.2.1 Onnerpolder

De Onnerpolder is in eigendom en beheer van Stichting Het Groninger Landschap. Het betreft een perceel op veengrond dat begraasd wordt door koeien. De vegetatie wordt sterk door grassen en grasachtigen gedomineerd, met soorten als Rietgras, Pitrus, maar ook komt Noordse zegge veelvuldig voor (Figuur 3-2). Voor de selectie van de meeste geschikte locatie binnen een perceel in de Onnerpolder werden op 19 mei 2015 op vier plaatsen grondmonsters genomen, en hierin werden de fosfaatverzadigingsgraad (PSI) en de fosfaat-beschikbaarheid (Pw) gemeten. Het bleek dat beide parameters sterk uiteenliepen binnen het perceel, wat mogelijk samenhangt met een proef die in het verleden op dit perceel is uitgevoerd door B-Ware. In Tabel 3-1 zijn deze resultaten opgenomen onder OP-1 t/m OP-4. Om een fosfaatrijke uitganggrond te krijgen, werd gekozen voor de aanleg op locatie OP-4, met $PSI=0.16$ en $Pw=16$. De berekende hoeveelheid ijzerslib die moest worden opgebracht was gebaseerd op deze waarden en op de chemische samenstelling van ijzerslib van winning De Punt (zie Tabel 3-2 en Tabel 3-4).

TABEL 3-1. RESULTATEN BODEMCHEMIE UIT DE VOORSELECTIE. * $PSI = P-OX / (AL-OX+FE-OX)$ [M/M];
** $PW = MG P2O5$ (L GROND).

	Al-ox mg/kg	Fe-ox mg/kg	P-ox mg/kg	PSI * 2015	Pw ** 2015
<i>Streefwaarde</i>				<i>< 0.1</i>	<i>< 10</i>
OP-1	1132	22950	181	0.01	0
OP-2	1808	65145	3622	0.09	4
OP-3	535	63582	2139	0.06	12
OP-4	823	49455	4633	0.16	16



FIGUUR 3-2. BLIK OP DE ONNERPOLDER

3.2.2 Bloemkampen

In natuurgebied Bloemkampen nabij Hulshorst, in eigendom en beheer van Natuurmonumenten, zijn in 2015 tijdens de voorselectie vier verschillende percelen bezocht en bemonsterd. Op basis van de resultaten van de bodemchemische analyses is gekozen voor een perceel met de hoogste Pw en PSI waarden. De zandige bodem van dit perceel heeft een hoog kleigehalte. Dit perceel wordt verpacht en kent maaibeheer. De vegetatie is tamelijk soortenarm en wordt gedomineerd door grassen (Figuur 3-3).



FIGUUR 3-3. FOTO VAN PERCEEL TE BLOEMKAMPEN.

3.2.3 De Scheeken

De Scheeken, ten slotte, betreft een door Pitrus en grassen gedomineerd terrein in eigendom en beheer van Stichting Het Noordbrabants Landschap. De bodem bestaat uit zand met, op wisselende diepte, dunne leemlaagjes (Figuur 3-4).



FIGUUR 3-4. FOTO VAN PROEFGEBIED IN DE SCHEEKEN.

3.2.4 Toediening van ijzerslib

Voorafgaand aan het toedienen van het drinkwaterslib werd in Bloemkampen en De Scheeken de zode (0-5 cm) verwijderd (zie Tabel 3-3 voor overzicht van alle behandelingen per proefgebied). In de Onnerpolder is dit vanwege de organische toplaag niet gebeurd, maar daar is vooraf wel de vegetatie kort gemaaid. Op basis van de (tijdens voorselectie) gemeten bodemchemie en samenstelling van beschikbaar drinkwaterslib (Bijlage tabel III) is berekend welke dosis drinkwaterslib toegediend moest te worden om de streefwaarde voor P-beschikbaarheid te bereiken (Tabel 3-2). Alleen in Bloemkampen is behalve ijzerslib ook ijzerkalkslib toegediend.

TABEL 3-2. OVERZICHT VAN HOEVEELHEID EN HERKOMST OPGEBRACHT DRINKWATERSLIB PER LOCATIE.

Proefgebied		PSI (bodem)	Type en bron drinkwaterslib	Dikte opgebrachte sliblaag (cm/m ²)	Volume totaal/vlak (m ³)
Onnerpolder		0.16	Ijzerslib - De Punt	13.9	1.251
Bloemkampen		0.13	Ijzerslib - Terwisscha	1.7	0.153
			Ijzerkalkslib - Ellecom	3.8	0.342
De Scheeken		0.2	Ijzerslib - Vessem	0.9	0.081

Het drinkwaterslib werd opgebracht in proefvlakken van 3 x 3 m. Om te voorkomen dat het vloeibare drinkwaterslib buiten het proefvlak zou stromen, werden vooraf houten bekistingen aangebracht (Figuur 3-5).



FIGUUR 3-5. VOORBEELD VAN DE BEKISTING, HIER IN DE SCHEEKEN.

Vervolgens werd het drinkwaterslib hetzij handmatig vanuit grote vaten (De Scheeken) hetzij vanuit 1 m³-tanks die door kraanwagens werden opgetild (Onnerpolder en Bloemkampen), gelijkmatig over het oppervlak binnen de bekisting verdeeld (Figuur 3-6).



FIGUUR 3-6. TOEDIENING VAN DRINKWATERSLIB. LINKSBOVEN: HANDMATIG TE SCHEEKEN. RECHTSBOVEN EN LINKSONDER: M.B.V. KRAANVOERTUIGEN IN DE ONNERPOLDER EN BLOEMKAMPEN. RECHTSONDER : DRIE PROEFVLAKKEN MET IJZERSLIB EN DRIE MET IJZERKALKSLIB TE BLOEMKAMPEN.

In De Scheeken werd direct na het opbrengen van het ijzerslib gefreesd om het slib met de bovenste 15-20 cm van de bodem te mengen. In Bloemkampen en Onnerpolder was de weerstand van de bodem dermate hoog dat het ijzerslib niet direct de grond in zakte. In Bloemkampen is daarom pas na 1 week gefreesd en in de Onnerpolder is in eerste instantie helemaal niet gefreesd. Pas in 2016 is besloten om alsnog te gaan frezen. Het slib was toen als een oppervlakkige laag bovenop het maaiveld aanwezig en maar beperkt in de bodem ingetrokken. Uiteindelijk is in juli 2016 de helft van elk proefvlak in de Onnerpolder gefreesd.

3.2.5 Bemonstering nul situatie en na 1 jaar

Bodem

Direct na het opbrengen van het ijzerslib in 2015 zijn in elk proefvlak bodemonsters verzameld. In elk proefvlak is een mengmonster verzameld bestaande uit 10 steken van de bovenste 20 cm. In de zomerperiode 2016 is deze analyse herhaald. Op alle bodemonsters werden door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (WUR) onderstaande analyses uitgevoerd:

- Beschikbaar P: Pw (waterextractie in een 1:60 (v:v)- schudverhouding), waarbij tevens het volumegewicht (dichtheid) van het genomen monster werd vastgesteld. Een lagere dichtheid is een aanwijzing voor een hoger gehalte aan (relatief lichte) organische stof.
- P-Olsen: extractie met NaHCO_3 bij pH 8.5.

- Ammoniumoxalaat extraheerbaar P, Fe en Al (gehalten aan amorf Fe en Al, en daaraan gebonden P); hieruit werd de verzadigingsindex berekend: $PSI = P/(Fe+Al)$, waarbij gehalten aan P, Fe en Al in het oxalaatextract worden uitgedrukt in mMol/kg.
- In een extract met 0,01M $CaCl_2$, waarmee de directe beschikbaarheid van elementen wordt vastgesteld, werden de volgende totaalgehalten bepaald via ICP [noot: op T1 en T2 werden alleen de vetgedrukte elementen gemeten]: **Al, Fe, K, Mg, P, S**, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, en Zn. Daarnaast werd in hetzelfde extract gemeten: pH, N-NH₄, N-(NO₃+NO₂), N-ts, P-PO₄ en TOC.
- In een extract met 0,43 M HNO₃ waarmee de totaal-beschikbare gehalten van elementen wordt vastgesteld, werden de volgende totaalgehalten bepaald via ICP: Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, en Zn.
- Na een destructie met HNO₃-HCL (aqua regia) werden in het destruaat de totaal gehalten van Al, Fe en P bepaald via ICP.
- Op T2 werden C- en N-elementair gemeten, en het organische stofgehalte via het gloeiverlies bij 550°C.

Het ijzerslib werd geanalyseerd op totaal Al, Fe en P, en op het gehalte aan droge stof zie Bijlage tabel III).

Vegetatie

Parallel aan het bodemchemisch onderzoek is ook een vegetatie-onderzoek uitgevoerd, gericht op het vaststellen van de invloed van ijzerslib op beperking van de fosfaatopname door planten. De effecten van de veranderingen in bodemchemie op de vegetatie-ontwikkeling worden op twee manieren bepaald:

- (1) Potenties voor vegetatieontwikkeling op basis van bodemchemie. Op basis van de fosfaatbeschikbaarheid worden potenties in beeld gebracht voor mogelijke plantengroei op de langere termijn.
- (2) Spontane vegetatieontwikkeling na 1 groeiseizoen. Uit de spontane vegetatieontwikkeling kan worden afgeleid wat de mogelijke natuurdoelen zijn die gerealiseerd kunnen worden. Hiertoe werden bij de start van het experiment in elk van de drie controle proefvlakken per proeflocatie in een subplot van 2 x 2 m een vegetatieopname gemaakt volgens Braun-Blanquet. Deze opnamen zijn na één jaar herhaald en ook is toen op gelijke wijze in de overige proefvlakken een vegetatieopname gemaakt.

Om de effecten van ijzerslib op de vegetatieontwikkeling te meten, zijn in 2016 de volgende variabelen bepaald:

- Soortensamenstelling, bedekkingspercentage, gras:kruid ratio;
- Bovengrondse biomassa van de kruidlaag;
- N-, P-, en C-gehalte in bovengrondse biomassa.

Analysemethode: De verzamelde biomassa (Subplot C en van Gestreepte witbol) werd 48 uur gedroogd bij 65 °C. Vervolgens werden de biomassa gewogen om drooggewicht (g/m²) te bepalen. Het gedroogde materiaal is fijngeknipt, gemengd en gemalen (deels met de hand, en in geval van grassen vervolgens in een kogelmaler om fijn vezelloos poeder te verkrijgen). Een deel van het poeder is in tinnen cups ingewogen, verbrand en vervolgens zijn C- en N-gehalten bepaald op een Carlo Erba analyser (gaschromatograaf). Een ander deel van het poeder werd in gesloten teflon vaatjes gedestruëerd met salpeterzuur, gevolgd door een

standaard ICP analyse waarin concentraties aan Ca, Mg, P, K, S, Al, Mn, Si, K, en zware metalen zijn bepaald (zie Bijlage tabel IV voor detailbeschrijving).

Uitleggen maaisel

Alleen in De Scheeken is op 8 september 2016 in de helft van elk met ijzerslib behandeld proefvlak maaisel, afkomstig van een nabij gelegen soortenrijk grasland, opgebracht. Het doel hiervan was om enerzijds te toetsen of de bodem na opbrengen van ijzerslib geschikt is voor kieming en vestiging van schraallandsoorten, en anderzijds om het herstel van de soortenrijkdom te versnellen.

Bodemorganismen

Om eventuele (toxische) effecten van drinkwaterslib op kleine bodemorganismen te onderzoeken, is in 2016 in De Scheeken onderzoek verricht naar springstaarten. De methode en resultaten van dit onderdeel worden in hoofdstuk 8 beschreven.

TABEL 3-3. OVERZICHT VAN BEHANDELINGEN IN DE DRIE PROEFVLAKKEN

Proef-gebied	Voorbehandeling	Type slib	Nabewerking	Maaisel opgebracht?	Code behandelingen
Onner-polder	Maaien	Ijzerslib	Helft opp. elk proefvlak na 9 maanden gefreesd	Nee	C = controle M = maaien M+F = maaien + frezen MFe = maaien+ ijzerslib MFe+F = maaien+ ijzerslib+frezen
Bloem-kampen	Zode verwijderen	Ijzer- en ijzerkalkslib	Frezen na 1 week	Nee	C = controle Z = zode verwijderen ZFe = zode verwijderen+ijzerslib ZFeCa = zode verwijderen+ijzerkalkslib
De Scheeken	Zode verwijderen	Ijzerslib	Direct gefreesd	Ja, in helft van elk Fe-vlak.	C, Z, ZFe = als hierboven ZFeM = zode verwijderen +ijzerslib +maaisel

3.3 Resultaten

3.3.1 Bodemchemie

De doelen van de bodemchemische analyses waren (1) het selecteren van een geschikt (deel van) een perceel om een proef aan te leggen, (2) het bepalen van een dosis ijzerslib die zou moeten worden toegediend om de streefwaarde te bereiken van de beschikbaarheid van fosfaat, en (3) het volgen van die beschikbaarheid in de tijd: kort na toedienen van het slib en ca. 1 jaar na toedienen. Voor het bepalen van de dosis slib werden eerst waterwinlocaties geselecteerd waar bruikbaar slib te verwachten was, op basis van gemeten gehalten aan Fe, P en drogestof. Op basis van die gegevens werd de op te brengen dosis ijzerslib berekend. Tijdens het opbrengen van het ijzerslib bij de aanleg van de proef werden monsters genomen van het slib, die werden geanalyseerd. Uit een vergelijking van de analyseresultaten die waren gebruikt voor de berekening, en van de monsters verzameld tijdens het opbrengen, kan worden gekeken in hoeverre de opgebrachte dosis overeenkwam met de berekende dosis. Een samenvatting van de resultaten van die vergelijking voor de drie proeflocaties staat in Tabel 3-4. Voor het berekenen van de opgebrachte hoeveelheid Fe per m² werd een dichtheid van het slib aangenomen van 1.1 kg/L. Uit de tabel blijkt voor Onnerpolder dat 55 % meer Fe is opgebracht dan nodig was volgens de berekening. Voor Bloemkampen was dit 19 % meer via Fe-slib, maar daarentegen 53 % minder via FeCa-slib, en voor De Scheeken was het 28 % minder dan beoogd.

TABEL 3-4. BEREKENDE HOEVEELHEID FE DIE MET SLIB MOEST WORDEN OPGEBRACHT OP DE VERSCHILLENDE LOCATIES, MET DE FEITELIJKE HOEVEELHEID DIE IS OPGEBRACHT, BEREKEND OP BASIS VAN VERSCHILLEN IN GEHALTEN AAN FE EN DROGESTOF (D.S.).

Locatie / slib	Berekening		Opbrengen		Berekend cm slib	Berekend	Opgebracht	Verschil % **
	Fe g/kg	d.s. %	Fe g/kg	d.s. %		Fe kg/m ²	Fe * kg/m ²	
Onnerpolder / De Punt	341	5.3	369	7.6	13.9	2.76	4.29	+ 55
Bloemkampen / Terwisscha (Fe)	405	15	400	18	1.7	1.14	1.35	+ 19
Bloemkampen / Ellecom (FeCa)	219	9.2	243	3.9	3.8	0.84	0.40	-53
De Scheeken / Vessem	309	20.6	321	14.3	0.9	0.63	0.45	-28

* na correctie voor afwijkend gehalte aan Fe of d.s., voor Onnerpolder berekend volgens : $2.76 * (7.6/5.3) * (369/341) = 4.29$.

** procentueel verschil t.o.v. berekende hoeveelheid slib; voor Onnerpolder: $100 * (4.29 - 2.76) / 2.76$.

3.3.1.1 Onnerpolder

De toediening van ijzerslib verlaagde direct (2015) de Pw en de PSI van de proefvlakken ten opzichte van de controle vlakken, en deze verschillen waren na 1 jaar nog waarneembaar. Voor Pw was dit verschil ook significant (MFeF vs C; Tabel 3-5). De waarden voor Pw en PSI waren ook in 2016 nog ruim beneden de streefwaarden. De P-Olsen waarden lieten echter in 2016 een ander beeld zien. De P-Olsen waarden waren van alle behandelingen hoger dan van de controlevlakken, maar deze verschillen waren niet significant.

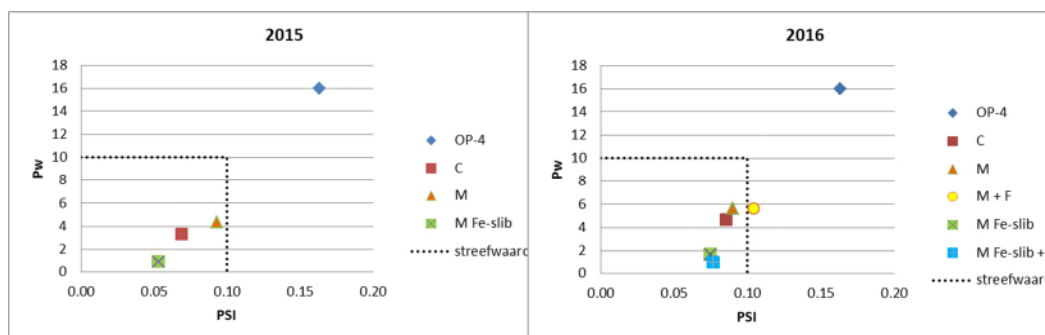
Uit deze resultaten bleek achteraf dat een te hoge dosis ijzerslib is toegediend. Uit behandelingen C en M (controle en gemaaide vlakken) blijkt dat in deze proefvlakken zowel Pw als PSI al duidelijk lager waren dan tijdens de voorselectie was gemeten (vergelijk C en M met OP-4 in Tabel 3-5). Hieraan werd nog verder bijgedragen door de hogere gehalten aan

Fe en d.s. in het opgebrachte slib t.o.v. de waarden die vooraf waren gebruikt voor de berekening van de op te brengen dosis.

TABEL 3-5. RESULTATEN BODEMCHEMIE IN 2015 (NUL-SITUATIE) EN 2016 IN ONNERPOLDER (VOOR PW EN PSI IS TUSSEN HAAKJES DE STANDAARD DEVIATIE WEERGEGEVEN). SIGNIFICANTE EFFECTEN T.O.V. CONTROLE ZIJN VET VERMELD. OP-4 BETREFT DE WAARDEN VAN DE LOCATIE UIT DE VOORSELECTIE. AAN DE BEHANDELINGEN M+F EN MFe+F ZIJN IN 2015 GEEN METINGEN VERRICHT. * PSI = P-OX / (AL-OX+FE-OX) [M/M]; ** PW = MG P2O5 (L GROND).

Streefwaarde	PSI *	Pw **	PSI	Pw	P-Olsen
	2015	2015	2016	2016	2016
	< 0.1	< 10	< 0.1	< 10	(mg/L bodem)
C	0.07	3	0.09 (0.05)	4.7 (3.1)	7.9
M	0.09	4	0.09 (0.02)	5.7 (1.5)	11.8
M + F			0.10 (0.02)	5.7 (1.5)	12.3
MFe	0.05	1	0.08 (0.01)	1.7 (0.6)	9.6
MFe + F			0.08 (0.00)	1.0 (0.0)	10.1
OP-4 (voorselectie)	0.16	16			

In Figuur 3-7 is voor 2015 en 2016 de Pw (fosfaatbeschikbaarheid) uitgezet tegen de PSI, de fosfaatverzadigingsindex, voor alle behandelingen. Bij een afname van de PSI door het toedienen van ijzerslib wordt een afname gevonden van de Pw.



FIGUUR 3-7. VOOR ALLE BEHANDELINGEN IN DE ONNERPOLDER DE PW UITGEZET TEGEN DE PSI.

3.3.1.2 Bloemkampen

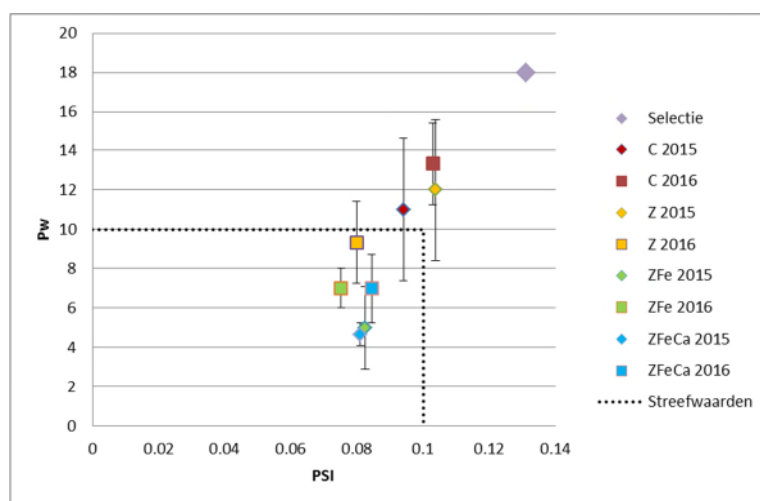
Zowel het toedienen van ijzerslib als van ijzerkalkslib had direct de gewenste, verlagende effecten op de Pw en PSI van de bodem ten opzichte van de controle proefvlakken (Tabel 3-6). Deze effecten waren ook na 1 jaar, in 2016 nog duidelijk waarneembaar en was dit verschil voor de Pw significant voor beide typen slib (ZFe en ZFeCa vs C). Voor PSI gold dit alleen voor ijzerslib (ZFe vs C). Voor beide slibsoorten geldt dat in 2016 de Pw licht was toegenomen ten opzichte van 2015. Mogelijk was het ijzer in het slib ten tijde van de monstername in 2015 nog niet geheel in evenwicht met de bodem. De gemiddelde P-Olsen was in 2016 ook significant lager bij beide slib behandelingen in vergelijking met de controle behandeling.

Ook het verwijderen van de zode (0-5 cm) leidde, met name na 1 jaar, tot een lagere Pw en significant lagere PSI en P-Olsen. Dit geeft aan dat een belangrijk deel van de fosfaatvoorraad zich in de bovenste, organische laag bevond.

Ook in Bloemkampen bleek het moeilijk om vooraf de correcte dosis drinkwaterslib te bepalen. Ook hier kwam dit enerzijds tussen verschillen in Pw en PSI tijdens de voorselectie en op het moment van uitvoeren (Tabel 3-6), en anderzijds doordat er uiteindelijk 19 % meer ijzer via het ijzerslib en 53 % minder ijzer via ijzerkalkslib is opgebracht dan vooraf was berekend (Tabel 3-4). Uit het feit dat desondanks gelijke waarden voor Pw werden gevonden, zou men kunnen opmaken dat FeCa-slib effectiever is dan Fe-slib. In Figuur 3-8 is voor alle proefvlakken de Pw uitgezet tegen de PSI.

TABEL 3-6. RESULTATEN BODEMCHEMIE IN 2015 (NUL-SITUATIE) EN 2016 IN BLOEMKAMPEN. GEMIDDELDE WAARDEN EN TUSSEN HAAKJES DE STANDAARD DEVIATIE ZIJN WEERGEGEVEN. SIGNIFICANTE EFFECTEN T.O.V. CONTROLE ZIJN VET VERMELD. * PSI = $P\text{-OX} / (AL\text{-OX} + Fe\text{-OX})$ [M/M]; ** PW = MG P2O5 (L GROND).

	PSI *	Pw **	PSI	Pw	P-Olsen
	2015	2015	2016	2016	2016 (mg/L bodem)
Streefwaarde	< 0.1	< 10	< 0.1	< 10	
Selectie	0.13	18	--	--	
C	0.10 (0.02)	12.0 (3.6)	0.10 (0.00)	13.3 (2.1)	40.0
Z	0.09 (0.02)	11.0 (3.6)	0.08 (0.00)	9.3 (2.1)	30.0
ZFe	0.08 (0.02)	4.7 (2.1)	0.08 (0.00)	7.0 (1.0)	29.0
ZFeCa	0.08 (0.01)	4.7 (0.6)	0.08 (0.01)	7.0 (1.7)	30.1



FIGUUR 3-8. VOOR ALLE BEHANDELINGEN IN BLOEMKAMPEN DE PW UITGEZET TEGEN DE PSI.

3.3.1.3 De Scheeken

Ook in De Scheeken had de toediening het beoogde effect op de fosfaatbeschikbaarheid. Zowel de PSI als de Pw waren direct na toediening in 2015 lager dan in de controle proefvlakken (ZFe-M vs C, Tabel 3-7). Deze effecten waren na 1 jaar, in 2016, ook nog waarneembaar, maar niet significant. Effecten op P-Olsen werden niet waargenomen. Anders dan in Bloemkampen waren zowel PSI als Pw na het verwijderen van de zode, hoger dan in de controle vlakken (Z vs C). Kennelijk bevindt het grootste deel van het beschikbare fosfaat zich in de diepere bodemlagen en juist niet in de organische toplaag.

In De Scheeken werd middels de toediening van ijzerslib de streefwaarde voor Pw wel, maar die voor PSI net niet bereikt. Hier kwamen de waarden van PSI en Pw van het controle proefvlak goed overeen met de waarden die waren gemeten tijdens de voorselectie (Tabel

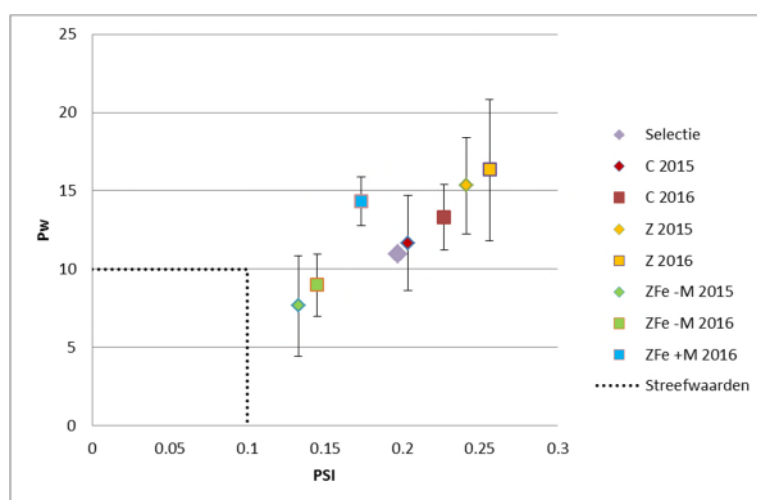
3-7). Waar vooraf geen rekening mee was gehouden, was dat verwijderen van de zode zou leiden tot een Pw en PSI die hoger zijn dan tijdens de selectie. Dit betekent dat eigenlijk meer ijzerslib had moeten worden toegediend. Uit Tabel 3-4 blijkt ook dat er, door een ca. 30 % lager gehalte aan drogestof in het toegediende slib, 28 % minder ijzer was toegediend dan volgens de berekening was gepland. Beide factoren kunnen waarschijnlijk verklaren dat de PSI niet de streefwaarde van < 0.1 heeft bereikt. Voor alle behandelingen geldt dat het ijzergehalte van de bodem sterk varieerde.

Op de helft van elk proefvlak waarop ijzerslib was aangebracht, werd maaisel toegediend (aangeduid met ZFe+M). In het proefvlak zonder maaisel was de Pw wel lager dan de streefwaarde (< 10), maar in 2016 was de Pw in het proefvlak met maaisel licht verhoogd t.o.v. het proefvlak zonder maaisel (14.3 vs. 12.7; Tabel 3-7). Mogelijk bevatte het maaisel gemakkelijk afbreekbaar fosfaat, wat, na afbraak, de Pw heeft verhoogd. In Figuur 3-9 is voor alle proefvlakken de Pw uitgezet tegen de PSI.

TABEL 3-7. RESULTATEN BODEMCHEMIE IN 2015 (NUL-SITUATIE) EN 2016 IN DE SCHEEKEN.

* PSI = $P\text{-OX} / (AL\text{-OX} + FE\text{-OX})$ [M/M]; ** PW = MG P2O5 (L GROND).

	PSI *	Pw **	PSI	Pw	P-Olsen
Streefwaarde	2015	2015	2016	2016	2016
	< 0.1	< 10	< 0.1	< 10	(mg/L bodem)
Selectie	0.20	11	--	--	
C	0.20 (0.04)	11.7 (3.1)	0.23 (0.03)	13.3 (2.3)	57.3
Z	0.24 (0.04)	15.3 (3.1)	0.26 (0.05)	16.3 (4.5)	66.6
ZFe -M	0.13 (0.03)	7.7 (3.2)	0.15 (0.06)	12.7 (5.7)	52.5
ZFe +M			0.17 (0.02)	14.3 (1.5)	52.0



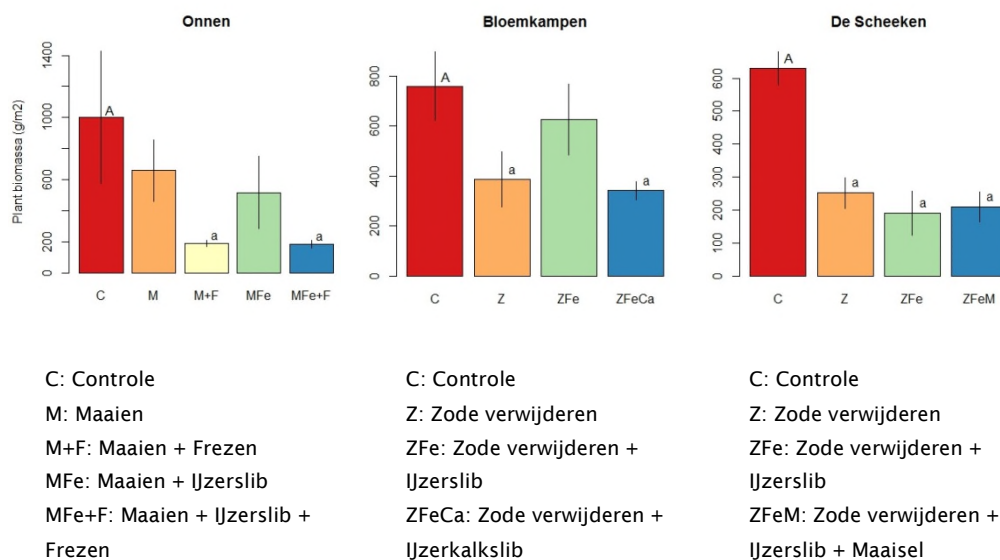
FIGUUR 3-9. VOOR ALLE BEHANDELINGEN IN DE SCHEEKEN DE PW UITGEZET TEGEN DE PSI.

3.3.2 Vegetatie

3.3.2.1 Biomassaproductie

Het was de verwachting dat de biomassaproductie in de proefvlakken als gevolg van de verlaagde fosfaat-beschikbaarheid in de bodem door de toevoeging van het drinkwaterslib,

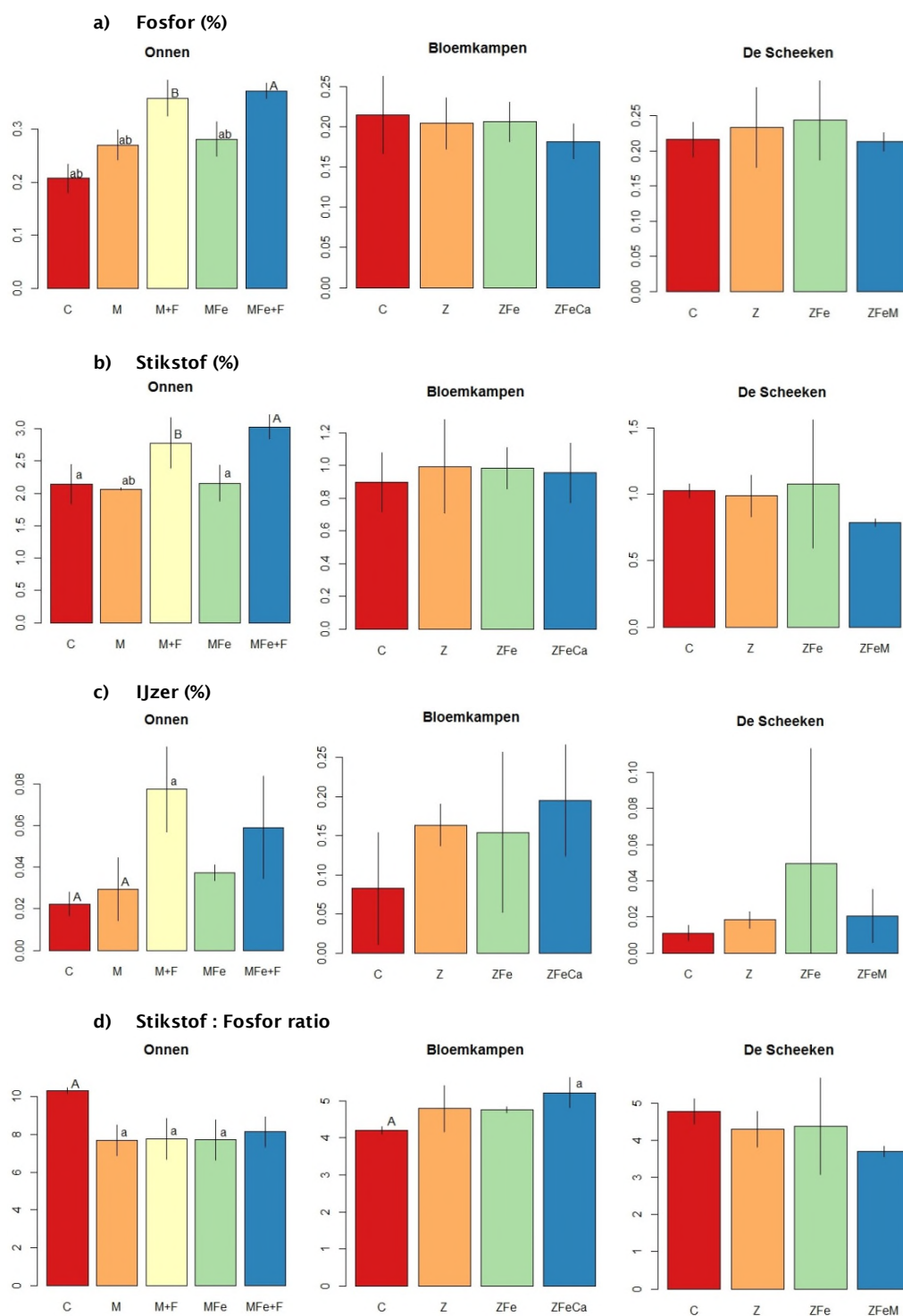
ook lager zou zijn dan in de controle behandelingen. Een eenduidig effect van drinkwaterslib op de biomassaproductie was echter niet zichtbaar. In de Onnerpolder heeft de toevoeging van ijzerslib de biomassaproductie na het eerste groeiseizoen niet verlaagd, noch in de gemaaide proefvlakken (vergelijk MFe met M), noch in de gemaaide en gefreesde proefvlakken (MFe+F t.o.v. M+F) (Figuur 3-10 links). In Bloemkampen heeft de toevoeging van ijzerslib na zodeverwijdering de biomassa zelfs verhoogd, hoewel het verschil niet significant was (ZFe t.o.v. Z). De toevoeging van ijzerkalkslib had geen invloed op de biomassaproductie (ZFeCa versus Z) (Figuur 3-10 midden). In De Scheeken had de toevoeging van ijzerslib geen invloed op de biomassaproductie (ZFe t.o.v. Z) (Figuur 3-10 rechts). In alle gebieden leidden het maaien of zode verwijderen (al dan niet in combinatie met de toediening van drinkwaterslib) wel tot een lagere biomassaproductie dan in de onbehandelde, controle proefvlakken. Zo resulteerde in de Onnerpolder het maaien in combinatie met frezen tot een significant lagere biomassa (Figuur 3-10 links). In Bloemkampen en in De Scheeken leidde het verwijderen van de graszode tot een significante verlagingen van de biomassa (Figuur 3-10 midden en rechts).



FIGUUR 3-10. BOVENSGRONDSE BIOMASSA (G DROOGGEWICHT/M²) VOOR ONNERPOLDER (LINKS), BLOEMKAMPEN (MIDDEN) EN DE SCHEEKEN (RECHTS). DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN (N = 3) MET STANDAARDDEVIATIES. DE BEHANDELINGEN MET GROTE EN KLEINE LETTERS ZIJN SIGNIFICANT VERSCHILLEND (P<0.05 MET MULTIPLE COMPARISON TEST (TURKEY'S HSD)).

3.3.2.2 Nutriëntengehalte

Het fosforgehalte in de biomassa werd in geen van de drie proefgebieden verlaagd door de toevoeging van drinkwaterslib (Figuur 3-11 a). Er was ook geen significante invloed van de toevoeging van drinkwaterslib op het stikstofgehalte (Figuur 3-11 b) noch het ijzergehalte (Figuur 3-11 c). De N:P ratio, die een indicator kan zijn voor de limitatie van N of P op plantengroei (Koerselman & Meuleman 1996), was niet verhoogd door drinkwaterslib (Figuur 3-11 d). De N:P ratio was zelfs zeer laag voor alle behandelingen. Veel lager dan de grenswaarde van 16, wat zou wijzen op sterke N-limitatie, maar geen P limitatie.



FIGUUR 3-11. CONCENTRATIES (%) VAN FOSFOR (A), STIKSTOF (B), IJZER (C), EN DE STIKSTOF : FOSFOR RATIO (D) IN BOVENGRONDSE PLANTENBIOMASSA VOOR ONNERPOLDER (LINKS), BLOEMKAMPEN (MIDDEN) EN DE SCHEEKEN (RECHTS). DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN ($N = 3$) MET STANDAARDDEVIATIES. DE BEHANDELINGEN MET GROTE EN KLEINE LETTERS ZIJN SIGNIFICANT VERSCHILLEN ($P < 0.05$ MET MULTIPLE COMPARISON TEST (TURKEY'S HSD)). ZIE FIGUUR 3-10 VOOR DE AFKORTINGEN VAN DE BEHANDELINGEN.

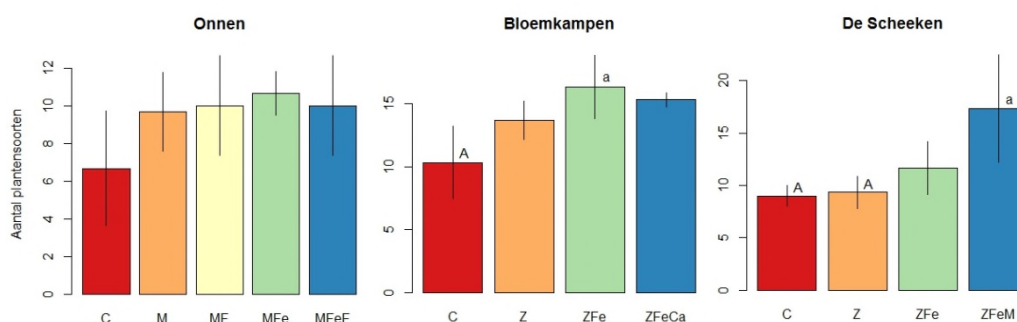
3.3.2.3 Soortenrijkdom

In het algemeen had de toevoeging van drinkwaterslib een positief (maar niet significant) effect op het aantal plantensoorten in de proefvlakken. In de Onnerpolder heeft de toevoeging van ijzerslib in de gemaaide proefvlakken het aantal plantensoorten iets verhoogd (MFe t.o.v. M) (Figuur 3-12 links). In Bloemkampen leidde de toevoeging van zowel ijzerslib als ijzerkalkslib tot een iets hoger aantal plantensoorten (ZFe en ZFeCa in vergelijking tot Z) (Figuur 3-12 midden). Ditzelfde beeld was zichtbaar in De Scheeken waar de toevoeging van ijzerslib het aantal plantensoorten licht verhoogde (ZFe t.o.v. Z) (Figuur 3-12 rechts).

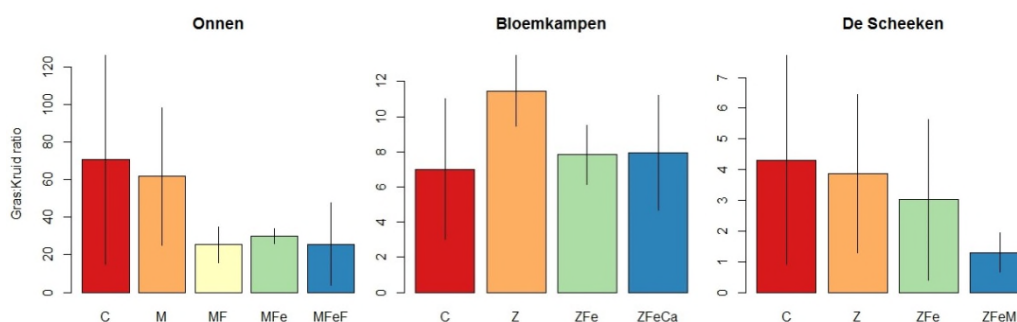
Het grootste effect op de soortenrijkdom had echter het uitleggen van maaisel. In de met ijzerslib behandelde proefvlakken waar ook maaisel was uitgelegd, was het aantal plantensoorten significant hoger dan in de andere proefvlakken (ZFeM t.o.v. Z) (Figuur 3-12 rechts). Soorten als Moeras-vergeet-me-nietje (*Myosotis palustris*), Brunel (*Prunella vulgaris*), Kleine klaver (*Trifolium dubium*), en Tijmeprijs (*Veronica serpyllifolia*) hadden zich vanuit het opgebrachte maaisel kunnen vestigen (zie Bijlage tabel II voor alle vegetatieopnamen).

Andere maatregelen hadden ook een positieve invloed op het aantal plantensoorten, alhoewel niet significant. Zo had maaien een positief effect op het aantal plantensoorten in de Onnerpolder (MF in vergelijking met C) (Figuur 3-12 links), en had zode verwijderen een positieve invloed op het aantal plantensoorten in Bloemkampen (Z t.o.v. C) (Figuur 3-12 midden).

De gras:kruid ratio (in percentage bedekking) is een andere belangrijke indicator van soortenrijkdom van graslanden. Een sterk bemest grasland wordt gedomineerd door snelgroeïende grassen ten koste van kruidachtige planten en heeft daardoor een hoge gras:kruid ratio. Bloemrijke schralere graslanden hebben juist een lage gras:kruid ratio. In dit experiment vertoonde de gras:kruid ratio in het algemeen een dalende (maar niet significante) trend na toevoeging van drinkwaterslib. In de Onnerpolder was de gras:kruid ratio het hoogst in de controle proefvlakken (C). Zowel de toevoeging van ijzerslib als frezen verlaagde de gras:kruid ratio (MFe en MF t.o.v. M), maar het toevoegen van ijzerslib had t.o.v. frezen geen extra effect (MFeF in vergelijking tot MF) (Figuur 3-13 links). In Bloemkampen en in De Scheeken waren de bedekkingspercentages van kruiden in de controle proefvlakken al relatief hoog (ca. 30%), vooral van Kruipende boterbloem (*Ranunculus repens*). In Bloemkampen verlaagde de toevoeging van ijzerslib en ijzerkalkslib de gras:kruid ratio (Figuur 3-13 midden). In De Scheeken was de gras:kruid ratio iets lager in proefvlakken waar ijzerslib was toegevoegd in vergelijking tot proefvlakken zonder ijzerslib, vooral in combinatie met het uitleggen van maaisel (Figuur 3-13 rechts).



FIGUUR 3-12. AANTAL PLANTENSOORTEN (GRASSEN EN KRUIDEN) IN PROEFVLAKKEN VAN 2X2 M VOOR ONNERPOLDER (LINKS), BLOEMKAMPEN (MIDDEN) EN DE SCHEEKEN (RECHTS). DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN (N = 3) MET STANDAARDDEVIATIES. DE BEHANDELINGEN MET GROTE EN KLEINE LETTERS ZIJN SIGNIFICANT VERSCHILLEND ($P < 0.05$ MET MULTIPLE COMPARISON TEST (TURKEY'S HSD)). ZIE FIGUUR 3-10 VOOR DE AFKORTINGEN VAN DE BEHANDELINGEN.



FIGUUR 3-13. GRAS : KRUID RATIO VOOR ONNERPOLDER (LINKS), BLOEMKAMPEN (MIDDEN) EN DE SCHEEKEN (RECHTS). DE RATIO WAS BEREKEND OP BASIS VAN DE BEDEKKINGSPERCENTAGES VAN BEIDE SOORTGROEPEN. DE WAARDEN ZIJN GEMIDDELDEN (N = 3) MET STANDAARDDEVIATIES. ER WAREN GEEN SIGNIFICANT VERSCHIL TUSSEN DE BEHANDELINGEN ($P > 0.05$ MET MULTIPLE COMPARISON TEST (TURKEY'S HSD)). ZIE FIGUUR 3-10 VOOR DE AFKORTINGEN VAN DE BEHANDELINGEN.

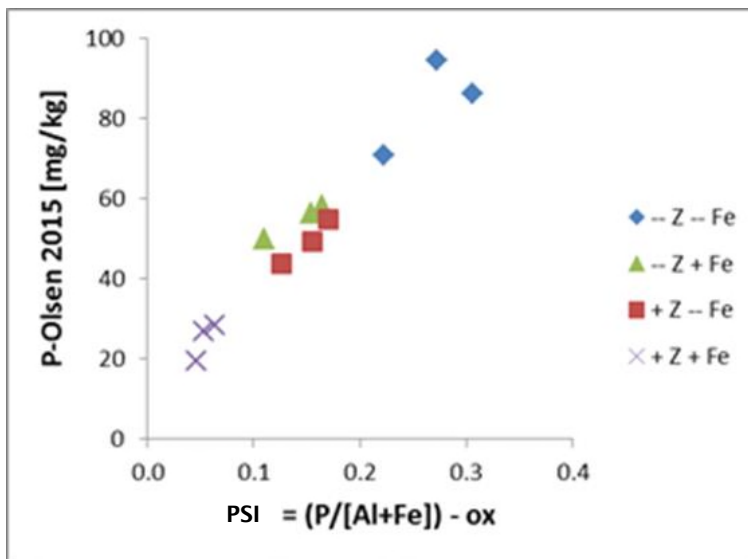
3.4 Samenvatting

In dit hoofdstuk zijn de resultaten beschreven van ons onderzoek naar de effecten van de toepassing van drinkwaterslib (ijzerslib en ijzerkalkslib) op de bodemchemie en vegetatie (op verschillende bodemtypen).

De effecten van de toediening van drinkwaterslib laten in de drie proefgebieden niet een eenduidig beeld zien. Gemiddeld genomen kan worden gesteld dat zowel het ijzer- als ijzerkalkslib een verlaging van de fosfaatbeschikbaarheid (Pw) en fosfaatverzadigingsgraad (PSI) tot gevolg heeft. Deze effecten waren op alle drie de onderzochte bodemtypen waarneembaar: op veen (Onnerpolder), op zand met hoog kleigehalte (Bloemkampen), en op lemig zand (De Scheeken). Deze effecten waren ook na 1 jaar nog zichtbaar.

Anders dan de Pw en PSI laten de P-Olsen-waarden een minder eenduidige reactie zien na de toediening van drinkwaterslib. Alleen in Bloemkampen hadden de behandelingen een significant verlagend effect op P-Olsen (alleen zode verwijdering ook overigens). In De

Scheeken was er geen effect en in de Onnerpolder hadden alle behandelingen een (niet significant) verhogend effect. Uit een vergelijking van de mate waarin door ijzerbehandeling een afname optrad in PSI, P-Olsen en Pw, bleek dat Pw sterker daalde door slib dan P-Olsen. Pw lijkt dus gevoeliger te zijn voor deze behandeling dan P-Olsen. Echter, afgaande op data uit het pilot experiment in de Groote Heide, blijkt dat met een daling van de PSI ook P-Olsen afneemt (Figuur 3-14). Wellicht dat de relatief lage pH van de drie onderzochte terreinen (pH 4-5 in Onnen en De Scheeken, en pH 5-6 in Bloemkampen), van invloed is op de betrouwbaarheid van P-Olsen-waarden die bij een extractie bij een pH van 8.5 worden bepaald. Deze waarden lijken de P-beschikbaarheid te overschatten.



FIGUUR 3-14. VERGELIJING TUSSEN P-OLSEN WAARDEN IN RELATIE TOT DE PSI, GEBASEERD OP DATA VAN DE PILOT IN GROOTE HEIDE (2015).

Het blijkt echter zeer moeilijk om de benodigde dosis drinkwaterslib goed te berekenen en de beoogde streefwaarden voor P is dan ook niet overal bereikt. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:

- De benodigde dosis drinkwaterslib is bepaald op basis van de bodemchemische gegevens zoals die waren bepaald tijdens de voorselectie. Er bleek echter een (soms zeer) groot verschil te bestaan tussen die waarden en de waarden van de controle proefvlakken op het moment van inzetten van de experimenten.
- Ook de chemische samenstelling van het drinkwaterslib blijkt beperkt constant in de tijd te zijn, en dan met name het drogestof-gehalte. Aangezien deze parameter een zeer belangrijke factor in de berekening van de dosis drinkwaterslib is, leidt een kleine variatie al tot een inaccurate dosis.
- De heterogeniteit in fosfaatbeschikbaarheid is vermoedelijk zeer groot. Hoewel wij hier niet in detail onderzoek naar hebben gedaan binnen dit project, laten de verkregen resultaten zien dat de variatie tussen proefvlakken (zeer) groot is. De berekende dosis drinkwaterslib betreft een gemiddelde dosis en is niet toegespitst op een dergelijke grote heterogeniteit.

Gezien bovenstaande afwijkingen is het dan ook niet vreemd dat de reactie van de vegetatie op het toedienen van het drinkwaterslib beperkt was. De grote heterogeniteit in P-beschikbaarheid in de bodem, ook na het toedienen van drinkwaterslib, was dermate hoog dat de planten vermoedelijk goed in staat waren om voldoende P op te nemen. Het P-gehalte

van de biomassa was dan ook niet lager na toedienen van het slib en de N:P ratio in de biomassa wees eerder op N- dan op P-limitatie. Het uitleggen van maaisel in De Scheeken toonde overigens aan dat het doorbreken van de dominantie door grassen (door het verwijderen van de graszode) zorgde voor goede kiemings- en vestigingscondities voor soorten van schrale graslanden. Of het toedienen van ijzerslib daar een aanvullend effect op had, hebben we niet kunnen onderzoeken.

Op basis van de P-beschikbaarheid aan het eind van deze experimenten, kan een voorspelling worden gedaan voor de potenties voor vegetatie ontwikkeling in deze proefvlakken. Wanneer we kijken naar de P-Olsen concentraties in de drie proefgebieden (Tabellen 3-5, 3-6 en 3-7) en die vergelijken met referentiewaarden voor verschillende natuurdoeltypen (Tabel 3-8), is te zien dat deze P-waarden nog te hoog zijn voor schralere natuurdoeltypen, maar dotterbloemhooiland, goed ontwikkelde natte ruigten of bloemrijk grasland wel tot de mogelijkheden behoren. Hierbij dient nog de kanttekening te worden gemaakt dat de gemeten P-Olsen waarden de P-beschikbaarheid lijken te overschatten en de werkelijke omstandigheden nog wat schraler zijn.

TABEL 3-8. P-OLSEN EN TOTAAL-P REFERENTIEWAARDEN VOOR VERSCHILLENDE NATUURDOELTYPEN.

Natuurdoeltype	Olsen-P (umol/l bodem)	totaal-P (mmol/l bodem)
Droge heide	100-500	0.5-2.5
Natte heide	100-500	0.5-2.5
Kalkgrasland	100-300	2-10
Droog heischraal grasland	100-350	1-5
Nat heischraal grasland	150-400	1-5
Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	100-500	1-6
Blauwgrasland	200-500	2-10 (tot 20)
Glanshaverhooiland	300-800	10-30
Dotterbloemhooiland	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Grote zeggenmoeras	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Goed ontwikkelde natte ruigte	400-1000	5-20 (tot 100)
Bloemrijk grasland	800-1200	10-20

Hoewel het toedienen van drinkwaterslib op de drie onderzochte bodemtypen op de P-beschikbaarheid dezelfde positieve effecten had, waren er wel grote verschillen wat betreft het toedienen zelf. Op de relatief droge zandgrond van de Scheeken, kon het ijzerslib gemakkelijk middels frezen met de bodem worden gemengd. Hierbij speelde mee dat een beperkte hoeveelheid ijzerslib diende te worden opgebracht (0.9 cm/m²). Op de kleiige zandbodem van Bloemkampen, trok het drinkwaterslib vanwege de beperkte doorlatendheid, slecht de bodem in. Het was daardoor niet mogelijk om direct na het toedienen het slib door frezen met de bodem te mengen. Op de vochtige veenbodem van de Onnerpolder speelde dit nog sterker. Aangezien in dit gebied bovendien een zeer hoge dosis ijzerslib moest worden opgebracht (13.9 cm/m²), zat er veel tijd tussen het opbrengen van het ijzerslib en mengen ervan met de bovenste bodemlaag. Ondanks genoemde verschillen in toegediende dosis drinkwaterslib tussen deze gebieden, lijkt de vochtconditie van de bodem een belangrijke factor voor het succes van het toedienen van drinkwaterslib. Wij adviseren daarom vooralsnog om drinkwaterslib vooral op drogere zandgronden op te brengen.

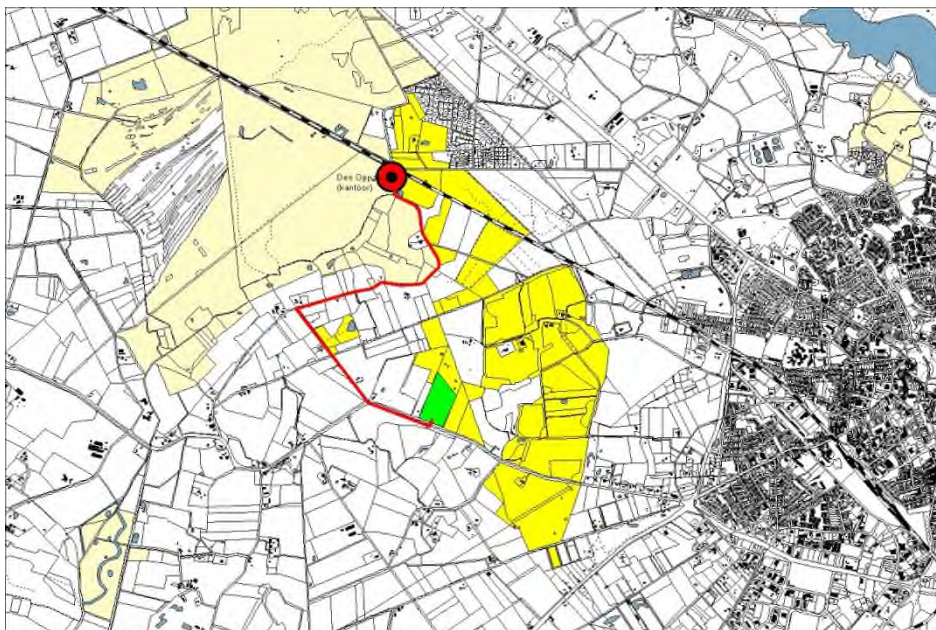
4 Onderzoek naar techniek van opbrengen drinkwaterslib

4.1 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van deze onderzoekslijn was het ontwikkelen van een machine (met een “zodebemester” als uitgangspunt) die met minimale bodemdruk, goede menging en constante dosering drinkwaterslib kan opbrengen ongeacht de consistentie van het slib. Hierbij dient de bodem zo min mogelijk verstoord te worden (het drinkwaterslib wordt niet door bijvoorbeeld frezen met de bodem gemengd) en het drinkwaterslib in één bewerkingsgang te worden ingebracht.

4.2 Aanpak

Onderzoek naar de techniek van het opbrengen van het drinkwaterslib is uitgevoerd op Landgoed Mentink, een natuurgebied nabij Winterswijk en in eigendom en beheer van Natuurmonumenten (Figuur 3-1 en Figuur 4-1). Dit perceel, dat sterk gedomineerd wordt door grassen (met name door Gestreepte witbol (Figuur 4-2), is circa 20 jaar uit agrarische productie maar kent nog altijd een P-beschikbaarheid ($P_w = 67 \text{ mg P}_2\text{O}_5/\text{l grond}$, $\text{PSI} = 0.38$) die veel hoger is dan de streefwaarden voor bloemrijke graslanden (resp. 10 en 0.10 voor P_w en PSI). Op basis van deze gegevens is de dosis op te brengen ijzerslib bepaald.

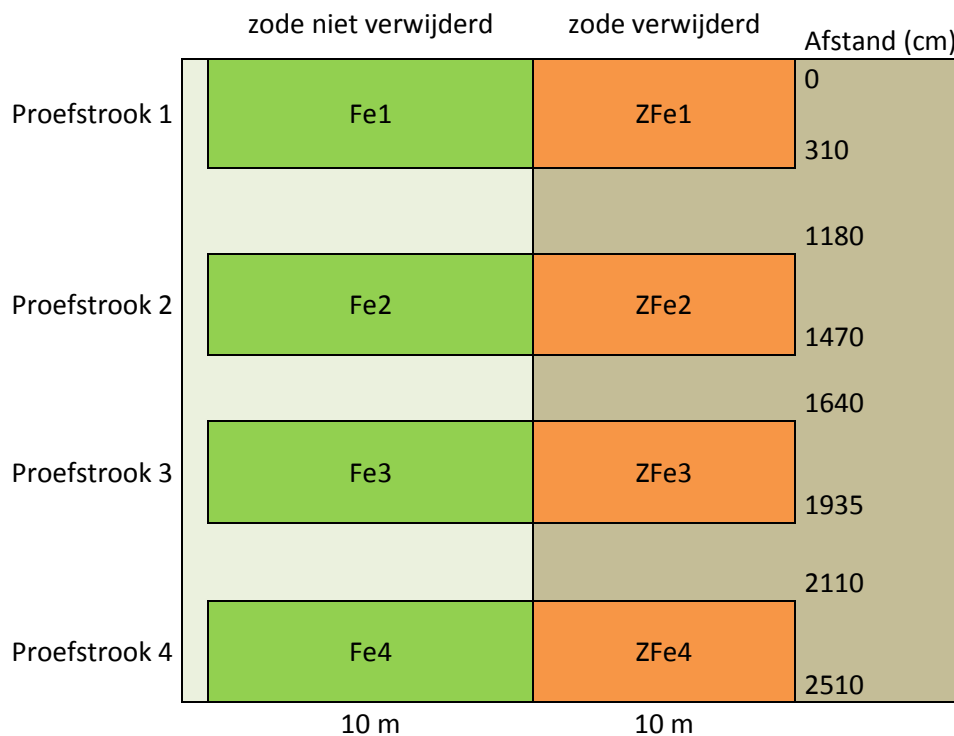


FIGUUR 4-1. LOCATIE VAN ONDERZOEKSGBIED LANDGOED MENTINK (DIRECT RECHTS VAN GROEN WEERGEGEVEN PERCEEL; BRON: NATUURMONUMENTEN).



FIGUUR 4-2. PERCEEL WORDT GEDOMINEERD GESTREEPTE WITBOL.

Op 23 september 2015 is deze veldproef ingericht. Van een rechthoek van 20 bij 25 m is van de helft (10 x 25 m) allereerst de zode (0-5 cm) verwijderd (Figuur 4-3). Binnen het proefvlak zijn vijf proefstroken aangelegd, elk 20 m lang en ca. 3 m breed, zodanig dat alleen van de oostelijke helft van elke strook de zode verwijderd was.



FIGUUR 4-3. SCHEMATISCHE WEERGAVE INRICHTING PROEFVLAKKEN.

Net ten noorden van dit proefvlak is in een vlak van 2 x 2 m een vegetatie opname gemaakt. Het ijzerslib werd over de gehele strook opgebracht. Hiertoe reed een trekker met speciaal ontworpen messen (zie Figuur 9-1) en injectiespuiten gelijk op met een tankwagen gevuld met ca. 12 m³ ijzerslib. Het ijzerslib was afkomstig van productiebedrijf Eibergen (Vitens; zie Bijlage tabel V voor samenstelling van dit slib). De effecten van het ijzerslib op de bodemchemie werd op dezelfde wijze bepaald als in paragraaf 3.2.5 is besproken, met het verschil dat voor fosfaat nu alleen de Pw en PSI zijn bepaald.



FIGUUR 4-4. A) INBRENGEN VAN HET IJZERSLIB OP HET DEEL ZONDER ZODE. B) ZICHT OP DE VIJF PROEFSTROKEN VANAF OOSTELIJKE ZIJDE.

4.3 Resultaten

4.3.1 Techniek toepassing

Op 23 september 2015 is op Landgoed Mentink de eerste praktijktest uitgevoerd. Voorafgaand aan deze test was de speciaal ontworpen machine reeds met succes getest op agrarisch grasland. De sterk doorwortelde graszode van Landgoed Mentink bleek echter onvoldoende te worden doorsneden door de dubbele rij messen. Hierdoor werd de zode meegetrokken en hoopte zich tussen de messen op (Figuur 4-5) en ontstonden er kuilen in de grasmatt. Het ijzerslib werd overigens wel op een goede manier onder de zode ingebracht. Verschillende aanvullende maatregelen, zoals vooraf maaien, verdichten van de bodem, gebruik van slechts één rij messen, en gebruik van beitels in plaats van de bredere ganzenvoeten als messen, zijn vervolgens getest. Op basis hiervan is de machine vervolgens aangepast.



FIGUUR 4-5. GRASZODE TE LANDGOED MENTINK WERD NIET GOED DOORSNEDEN EN HOOPT ZICH OP TUSSEN DE MESSEN.

Op 22 juni 2016 vond de tweede veldtest plaats, deze keer met aangepaste messen. Met deze uitgebreide snijvlakken werd de zode wel goed doorsneden en het ijzerslib goed en tot de gewenste diepte van 15-20 cm ingebracht (Figuur 4-6).

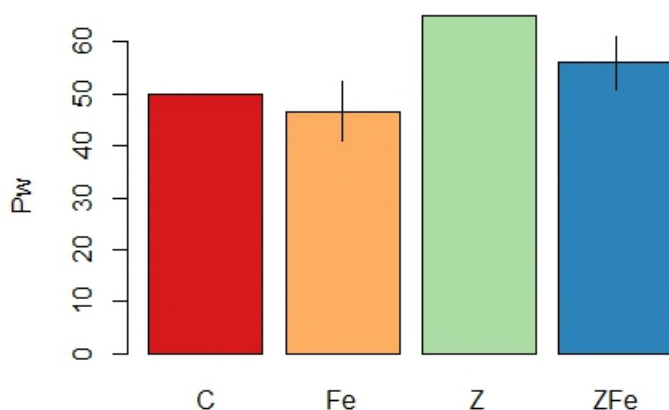


FIGUUR 4-6. HET IJZERSLIB WERD IN PARALLELE SNEDES TUSSEN EN ONDER DE GRASZODE AANGEBRACHT (LINKS). OP DE RECHTERFOTO IS TE ZIEN DAT HET IJZERSLIB TOT EEN DIEPTTE VAN 15-20 CM IS INGEBRACHT.

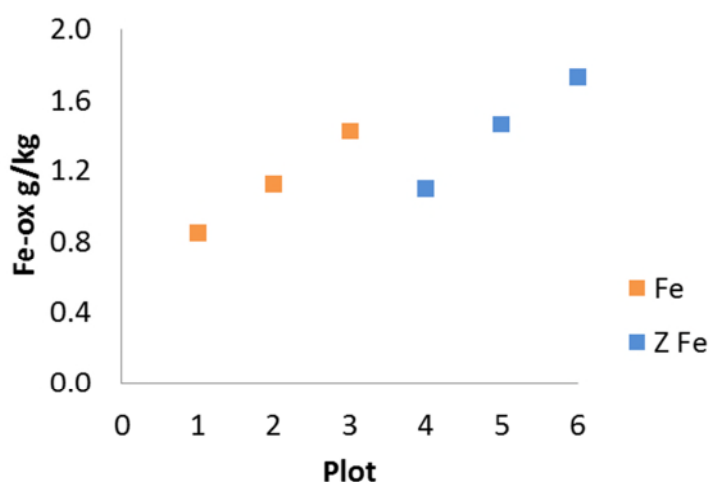
4.3.2 Bodemchemie

4.3.2.1 Eerste veldtest

Niet alleen wat de techniek betreft, was de eerste veldtest met de ontwikkelde machine geen succes, ook wat effecten op de bodemchemie was er sprake van een tegenvaller. Het ijzerslib, afkomstig van pompstation Eibergen bleek na analyse een drogestofgehalte te hebben van 0.97% in plaats van de normale waarde voor slib van dit pompstation van 20-25%. Ondanks de gunstige PSI van het slib (0.03) had het opbrengen van het drinkwaterslib dan ook nauwelijks een gunstig effect op de P-beschikbaarheid van de bodem (Figuur 4-7). De variatie in Fe-ox gehalte varieerde tussen de proefvlakken sterk (Figuur 4-8).



FIGUUR 4-7. EERSTE VELDTTEST: EFFECT OP P-BESCHIKBAARHEID (PW) VAN HET OPBRENGEN VAN IJZERSLIB IN CONTROLE SITUATIE (BLANCO) EN NA VERWIJDEREN VAN DE ZODE.

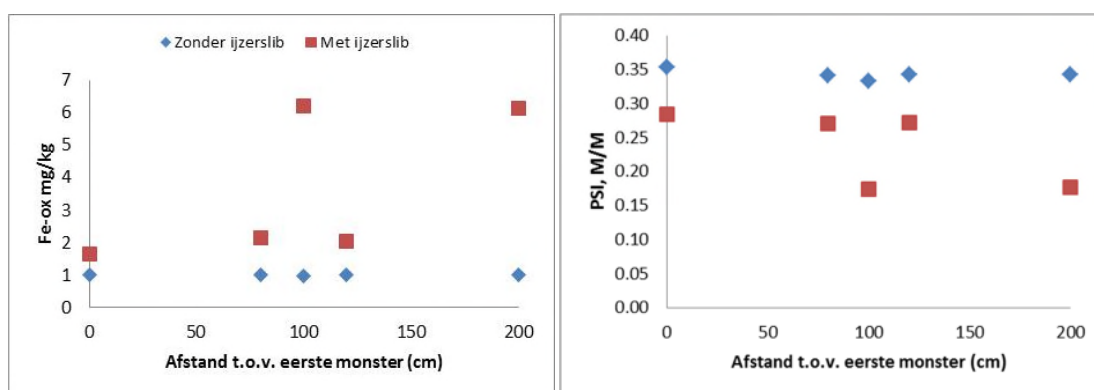


FIGUUR 4-8. VARIATIE IN FE-OX GEHALTE IN DE PROEFVLAKKEN MET EN ZONDER ZODE.

Vanwege deze onvoorzien ongewenste samenstelling van het ijzerslib, hebben wij geen onderzoek meer verricht naar mogelijke effecten van de toepassing van ijzerslib op de vegetatie.

4.3.2.2 Tweede veldtest

Tijdens de tweede veldtest is het ijzerslib op de gewenste wijze onder de zode ingebracht. Ongeveer drie maanden na het opbrengen, is in twee transecten (één met en één zonder ijzerslib) haaks op de rijrichting tijdens het opbrengen van het slib, de bodemchemie bepaald. Uit Figuur 4-9 blijkt dat het Fe-ox gehalte en de PSI van de bodemonsters in het transect zonder ijzerslib over een afstand van 2 m vrij constant te zijn. Het opbrengen van het ijzerslib, in dit terrein zonder het ijzerslib middels frezen met de bodem te mengen, heeft geleid tot een toename van het Fe-ox gehalte en daling van de PSI, maar de mate waarin varieerde zeer sterk (zie Figuur 4-9). Deze variatie is ook op zeer korte afstand zeer hoog. De streefwaarde voor PSI van 0.1 werd overigens in geen van deze monsters bereikt (wat ook gold voor de Pw-waarden, gegevens hier niet getoond), maar dat kan worden verklaard doordat deze tweede test vooral gericht was op het inbrengen van het ijzerslib, en in mindere mate op het toedienen van de juiste dosis om de streefwaarden te bereiken.



FIGUUR 4-9. FE-OX GEHALTE EN PSI IN TWEE TRANSECTEN MET EN ZONDER IJZERSLIB.

4.4 Samenvatting

Uitgangspunt van dit deelonderzoek was om het drinkwaterslib met zo min mogelijk verstoring van de bodem in te brengen. De te ontwikkelen machine diende ook zonder het vooraf verwijderen van de zode, het drinkwaterslib op een effectieve wijze in de bodem aan te kunnen brengen. Aangezien het slib niet door middel van frezen, wat de bodemstructuur aantast, met de bodem gemengd zou worden, moest de machine het slib zelf zo goed mogelijk in de bodem verspreiden.

Dit experiment heeft aangetoond dat de mate van doorworteling van de zode van invloed is op de te gebruiken messen. Graslanden die recent in agrarisch gebruik zijn geweest, hebben een relatief ondiepe doorworteling. Hier volstaan de “ganzenvoeten” die in de eerste veldtest zijn gebruikt. Is het grasland echter geruime tijd uit agrarische productie en heeft er sindsdien weinig tot geen bodembewerking plaatsgevonden, dan kan worden verwacht dat de bodem sterk en diep doorworteld is. In dat geval zijn messen met extra snijvlakken noodzakelijk, zoals in de 2^e veldtest zijn gebruikt.

De dosis van de toe te dienen vloeistof (in dit geval drinkwaterslib) kan bij moderne injecteurs zeer nauwkeurig worden ingesteld. Hier zit echter wel een bovengrens aan, die wordt ingegeven door een combinatie van de minimale rijsnelheid en de benodigde druk voor injectie. Op terreinen waarbij de toe te dienen dosis drinkwaterslib hoger is dan wat technisch mogelijk is, zal daarom een herhaalbehandeling noodzakelijk zijn. Dit zal vermoedelijk niet op korte termijn na de eerste behandeling mogelijk zijn, aangezien het drinkwaterslib eerst in de bodem zal moeten intrekken. Wij hebben naar dit aspect verder geen onderzoek gedaan.

De injectorpoten zaten op een onderlinge afstand van ca. 25 cm. Aan elke injectorpoot was een sproeibuis bevestigd die het ijzerslib breedwerpig verdeelde. Het was de vraag of deze afstand klein genoeg was om het drinkwaterslib op een gelijkmatige manier in de bodem aan te brengen. Uit Figuur 4-9 blijkt dat de variatie in Fe-ox gehalte echter vrij groot is. De horizontale verdeling van het drinkwaterslib, en de menging van het slib door de bodem, is duidelijk minder dan met frezen kan worden bereikt. Daar staat tegenover dat de bodemstructuur op deze wijze intact is gebleven.

De uitkomst van beide veldtesten is dat een “prototype” is ontwikkeld die met succes drinkwaterslib in de bodem kan inbrengen, ongeacht de mate van doorworteling.

5 Effecten op bodemorganismen

5.1 Introductie

Het belang van een goede bodemkwaliteit, met een gezonde bodemmesofauna gemeenschap, wordt door meer en meer terreinbeheerders onderschreven. Onder bodemmesofauna wordt hier bedoeld: ongewervelden met een grootte tussen 0.1 mm en 2mm, die in de bodem leven, of voorkomen in de strooisellaag op de bodem.

Het is niet ondenkbaar dat het mengen van drinkwaterslib met de bodem effect heeft op de samenstelling en/of activiteit van deze mesofauna. Om meer inzicht te krijgen in deze potentiële effecten, is voor dit onderzoek één soortgroep geselecteerd, de springstaarten (*Collembola*). Joost Vogels van Stichting Bargerveen heeft in zowel de Groote Heide als in De Scheeken analyses aan springstaarten verricht. Onderstaande paragrafen doen verslag van zijn bijdrage.

5.2 Achtergrondinformatie springstaarten

Kennis over de activiteit, dichtheid en samenstelling van de bodemmesofauna gemeenschap geeft inzicht in de belangrijkste omvormingsprocessen in de bodem. Binnen springstaarten kan onderscheid gemaakt worden in het substraat waarin bepaalde soorten of soortgroepen leven. Deze verschillende aanpassingen aan substraatvormen zijn grofweg onderscheidbaar naar diepte waarin deze organismen leven: op de bodem en/of vegetatie, in strooisellagen, of dieper in de bodem.

Grofweg kan gesteld worden dat de soorten die op of in de toplaag van de bodem voorkomen met name van belang zijn bij het omvormen van ruw strooisel naar meer gefragmenteerde humus, en dat soorten die dieper in de bodem leven daaropvolgend deze gefragmenteerde humusvormen nog verder verfijnen en afbreken. Springstaarten vervullen een belangrijke rol in de omzetting van strooisel naar fijnere humusvormen en dragen substantieel bij aan het stimuleren van de afbraak van organisch materiaal. Hierdoor beïnvloeden zij de snelheid van het weer beschikbaar komen van voedingstoffen die zijn vastgelegd in organische stof. Ook beïnvloeden ze de richting van bodemvormende processen: een hoge activiteit van springstaarten leidt tot een betere fragmentatie en afbreekbaarheid van strooisel en humuspartikels, waardoor ophoping van strooisel en/of ruw organisch materiaal niet optreedt. Een eventuele remming in de groei en activiteit van de bodemmesofaunagemeenschap als geheel kan een belangrijke vertraging in de ontwikkeling van het tot doel gestelde habitatype betekenen. Een eventuele remming in groei en reproductie van een van de functionele groepen kan bovendien leiden tot ophoping van hetzij strooisel, gefragmenteerde humus of fijnere humuspartikels.

Uit eerder onderzoek blijkt dat het na ontgronden zeer lang kan duren voordat de bodemmesofaunagemeenschap zich kan herstellen, en dat het inbrengen ervan ook problemen met zich mee brengt (condities zijn vaak jaren nog ongeschikt als gevolg van de uitgangssituatie na ontgronden). Onbekend is in welke mate een overmaat fosfaat invloed uitoefent op de samenstelling van de bodemmesofauna, en of deze door vastlegging met behulp van ijzerslib verandert. Ook is onbekend of, en in welke mate een eenmalige toediening van ijzerslib een negatief effect uitoefenen op de bodemmesofaunagemeenschap. In hoge concentraties kan ijzer een negatief effect uitoefenen op de voedingsactiviteit en groei van *Collembola*. Veel bodemorganismen kunnen metalen accumuleren in hun weefsels,

en het ijzergehalte van springstaarten is doorgaans hoger in bodems met hoge ijzerconcentraties (Janssen & Hogervorst, 1993). Springstaarten zijn evenwel in staat om (zware) metalen op te slaan in het darmwandepitheel, welke zij bij de volgende vervelling uitscheiden als pellet (Hopkin, 1997). Toch maakt dit deze organismen niet immuun voor hoge concentraties ijzer, aangezien er ook metabolische kosten aan het omgaan met overmaten aan metalen zijn verbonden. In laboratoriumproeven traden negatieve effecten op de voedingsactiviteit op bij concentraties boven 135 $\mu\text{mol Fe/g}$ bodem, de groei was sterk geremd bij concentraties boven 63 $\mu\text{mol Fe/g}$ bodem (Nottrot et al., 1987). Ter vergelijking, in De Scheeken waren de Fe concentraties in de Fe-behandeling met gemiddeld 38 $\mu\text{mol/g}$ bodem ruim beneden deze waarden.

5.3 Methode

5.3.1 Bemonstering

Van de proeflocaties in de Groote Heide en De Scheeken zijn de volgende behandelingen bemonsterd:

- Controle (proefvlakken C1, C2 en C3). In De Groote Heide ontbrak een derde controle proefvlak. In plaats daarvan is een ongestoorde locatie net buiten de in Figuur 2-2 weergegeven proefvlakken bemonsterd.
- Zode verwijdering (proefvlakken Z1, Z2 en Z3).
- Zode verwijdering plus ijzerslib (proefvlakken ZFe1, ZFe2, ZFe3)

De bemonsteringen vonden plaats op 24 november 2016 (Groote Heide) en op 16 juni 2016 (De Scheeken). Opgemerkt moet worden dat ten tijde van de bemonstering in De Scheeken een periode van extreme neerslag voorafgegaan was. Hierdoor was in de bodem verzadigd met water; water stond in een groot deel van de proefvlakken tot boven maaiveld. In die situaties zijn de hoogst gelegen delen van de proefvlakken bemonsterd, maar deze bleken bij het bemonsteren eveneens verzadigd met water.

Springstaarten zijn bemonsterd door middel van het steken van bodemkernen. Deze monsters zijn vervolgens direct na bemonstering in een Tullgren apparaat geplaatst, om alle in de gestoken bodemkern aanwezige dieren te extraheren (gedetailleerde methode is beschreven in van Straalen & Rijninks, 1982). Na een periode van drie weken van extractie zijn de fauna monsters in afgesloten buisjes op 70% alcohol gehouden voor latere determinatie. Uit de verkregen monsters zijn vervolgens alle springstaarten (*Collembola*) tot het laagst mogelijke taxonomische niveau gedetermineerd, met gebruik van de determinatietabel van Hopkin (2007).

5.3.2 Gegevensanalyse op basis van autecologie

Soorten en soortgroepen zijn geïdentificeerd op basis van de eerst door Gisin (1943) voorgestelde onderverdeling in levensvormen, vochtvoorkeur en biotooppreferentie.

De verschillende levensvormen binnen de *Collembola* zijn opgesteld op basis van duidelijke morfologische verschillen binnen deze groep, die gezamenlijk een afspiegeling vormen van de diepte waarin deze organismen leven, en van het type substraat waarvan ze leven:

- o **Epedaphisch:** soorten die hun gehele levenscyclus op of boven de bodem (in vegetatie) doorlopen. Gepigmenteerd, het pigment vaak onregelmatig verdeeld zodat de dieren een tekening vertonen. Grote dieren met 8+8 goed ontwikkelde ogen. Furca sterkst ontwikkeld, antennen en beharing lang. Post-antennal organ ontbreekt.

- o **Hemi-edaphisch:** soorten die een deel van hun levenscyclus op de bodem doormaken en/of soorten die hun levenscyclus volbrengen in de bovenste strooisel- en humuslaag. Gepigmenteerde dieren van gemiddelde grootte met 8+8 ogen. Post antennal organ aanwezig maar vrij eenvoudig van bouw, furca aanwezig, antennen en beharing middellang.
- o **Eu-edaphisch:** soorten die hun gehele levenscyclus in de bodem doorlopen (onder de strooisellaag). Kleine soorten, vaak pigmentloos met gereduceerd aantal of geheel ontbreken van ogen en sterk gereduceerde of ontbrekende furca. Antennen en beharing kort. Post-antennal organ (een klier, belangrijk als afweermecanisme tegen predators) aanwezig en vaak complex van bouw.

Daarnaast is een onderverdeling gemaakt op basis van de vochtvoorkeuren. Xerofiele soorten zijn bewoners van ruw strooisel, mossen en korstmossen, mesofiele soorten zijn typische bewoners van goed gebufferde dikke strooisel- en humuspakketten en hygrofiele soorten zijn soorten die veelal in habitats leven waar water vaak periodiek tot of op het maaiveld staat. Eu-edaphische soorten zijn gevoelig voor droogtestress, aangezien zij juist zijn aangepast aan diepere bodemlagen, die jaarrond vochtig blijven. Deze soorten zijn meestal mesofiel, soms hygrofiel. Hemi-edaphische soorten kunnen xerofiel, mesofiel of hygrofiel zijn. Epedaphische soorten zijn door hun levenswijze gedwongen om aangepast te zijn aan droogtestress, en kunnen het beste beschouwd worden als xerofiele soorten.

Tenslotte zijn de soorten en/of soortgroepen ingedeeld op basis van biotoopvoorkeur. Deze classificatie is zeer grof en bovendien gebaseerd op buitenlandse situaties. Onderscheiden biotoopvoorkeuren zijn: bossen, veen, grasland en eurytope soorten (soorten zonder voorkeur, brede verspreiding).

5.3.3 Statistische analyse

Verschillen in samenstelling van de springstaartgemeenschap tussen de behandelingen is voor beide locaties afzonderlijk geanalyseerd door middel van detrended correspondence analysis (DCA). Aangezien in beide gevallen de lengte van de eerste as in een DCA minder was dan 4 standaarddeviaties, is de gemeenschap vervolgens geanalyseerd door middel van principale component analyse (PCA; Leps & Smilauer, 2003).

Verschillen in dichtheden van springstaarten en autecologisch verwante groepen van springstaarten tussen behandelingen zijn getoetst op statistische significantie door middel van Generalized Linear Models, met een quasipoisson errorverdeling. Verschillen in Adult-juvenile ratio's zijn geanalyseerd door middel van een simpel lineair model, aangezien dit normaal verdeelde data was. Statistische analyse is uitgevoerd door middel van het statistiek programma R (R Core Team, 2015), met gebruik making van het package 'Vegan' voor correspondentie analyse (Oksanen et al., 2015).

5.4 Resultaten

5.4.1 Effect van behandelingen op samenstelling springstaart gemeenschappen

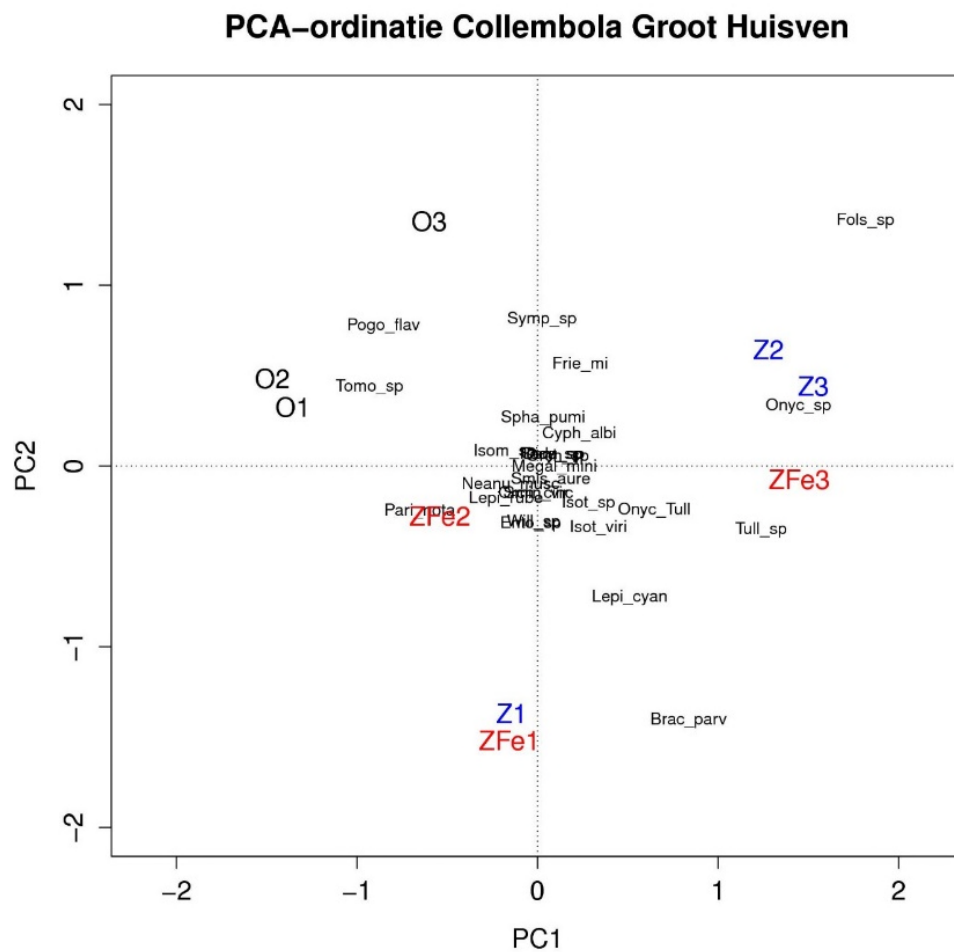
5.4.1.1 Groote Heide

De samenstelling van de springstaartgemeenschap in de onbehandelde proefvlakken (C1 t/m 3) was duidelijk verschillend van die in de zode verwijdering (Z1 t/m 3) en de zodeverwijdering met ijzerslib behandelingen (ZFe1 t/m 3; Figuur 5.1). Van deze twee behandelingen waren de verschillen in samenstelling tussen de monsterpunten groter dan in de controle behandelingen, met name bij de ijzerslib behandelingen. De monsterpunten Z2, Z3 en ZFe3 weken in samenstelling af van de andere Z- en ZFe-behandelingen door een hoge

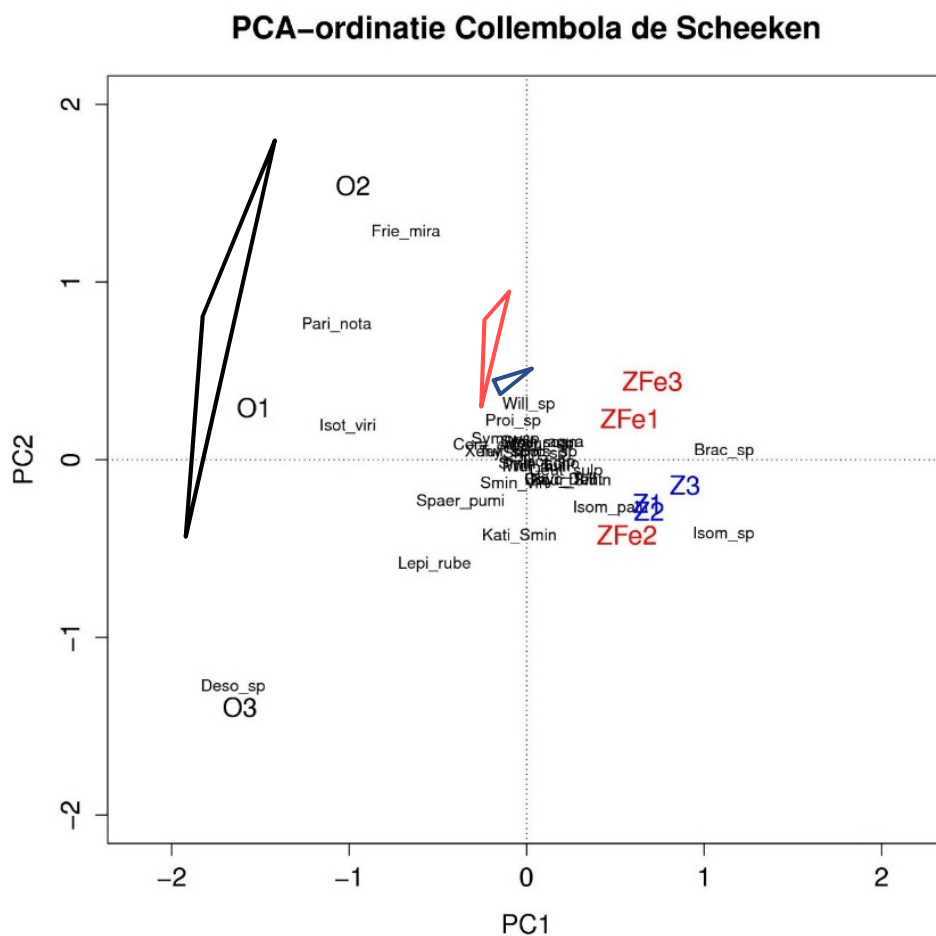
dichtheid van *Folsomia* sp. In ZFe3 zijn in tegenstelling tot ZFe1 en 2 hoge aantallen Onychiuridae en Tullbergiidae aangetroffen. In de controle behandelingen waren de ep/hemi-edaphische soorten *Pogognathellus flavescens* en *Tomocerus* sp. de sterkst differentiërende soorten, met gemiddeld 37 en 32 individuen in de controle behandelingen, en gemiddeld tussen 1 en 3 individuen in de Z- of ZFe-behandelingen (Bijlage tabel VI). *Brachystomella parvula* (hemi-edaphisch) was met gemiddeld 48 en 17 individuen goed vertegenwoordigd in de Z- en ZFe-behandelingen; in de controle behandelingen is deze soort niet aangetroffen. De uitsluitend eu-edaphische families Onychiuridae en Tullbergiidae zijn eveneens in hogere aantallen in de Z- en ZFe-proefvlakken aangetroffen, maar dichtheden verschilden binnen de behandelingen vrij sterk. Onychiuridae zijn in de hoogste aantallen in de Z-behandelingen aangetroffen, in de ZFe-behandelingen waren de dichtheden lager. *Lepidocyrtus cyaneus* (hemi-edaphisch) was eveneens algemener in de Z- en ZFe-behandelingen maar verschilde in dichtheden weinig tussen beide behandelingen. Deze soort kwam ook in redelijke aantallen voor in de controle behandelingen, maar in beduidend lagere dichtheden dan in de Z- en ZFe-behandelingen. Eenzelfde beeld komt naar voren voor *Isotoma viridis* en *Isotoma* sp.

5.4.1.2 De Scheeken

De samenstelling van de springstaartgemeenschap in de onbehandelde proefvlakken (O1 t/m 3) verschilde duidelijk van die van de zode verwijdering (Z1 t/m3) en zodeverwijdering met ijzerslib behandeling (ZFe1 t/m 3; Figuur 5.2). In tegenstelling tot de Groote Heide zijn de onderlinge verschillen de controle behandelingen groter dan in de Z- en ZFe-behandelingen. In de controle behandelingen waren de hemi-edaphische soorten *Friesea mirabilis*, *Parisotoma notabilis*, *Isotoma viridis* en *Desoria* sp. de belangrijkste differentiërende soorten. Onderlinge verschillen in dichtheden van deze soorten verklaren eveneens de hogere variatie tussen de controle proefvlakken. *F. mirabilis* en *P. notabilis* zijn eurytope soorten met een voorkeur voor vochtige omstandigheden, *Desoria* sp zijn soorten die hoge dichtheden in compost en uitgesproken eutrofe situaties behalen. *I. viridis* is eveneens een algemene soort, maar kan als karakteristiek voor enige situaties beschouwd worden. De samenstelling van de Z en ZFe behandelde verschilde weinig van elkaar, en tussen verschillende replica's waren de verschillen eveneens klein. Deze monsterpunten werden gedomineerd door hoofdzakelijk juveniele individuen, met hoge dichtheden van *Brachystomella parvula*, *Isotomurus* sp. (waarschijnlijk juveniele *I. palustris*) en relatief hoge dichtheden van adulte individuen *Isotomurus palustris*. *Brachystomella parvula* is een uitgesproken eurytope soort die vaak in hoge dichtheden in pioniersituaties voorkomt en *Isotomurus palustris* is eveneens een eurytope, vochtminnende soort die goed bestand is tegen veranderende abiotische omstandigheden (Berg et al., 2001).



FIGUUR 5.1. PCA-ORDINATIE DIAGRAM VAN ALLE BEMONSTERDE *COLLEMBOLA* IN DE PROEFVLAKKEN IN DE GROOTE HEIDE. O1 T/M 3: ONBEHANDELDE PROEFVLAKKEN (=C1-C3); VOOR AFKORTINGEN VAN DE SOORTEN EN SOORTGROEPEN ZIE BIJLAGE TABEL V.



FIGUUR 5.2. PCA-ORDINATIE DIAGRAM VAN ALLE BEMONSTERDE *COLLEMBOLA* IN DE PROEFVLAKKEN IN DE SCHEEKEN. O1 T/M 3: ONBEHANDELDE PROEFVLAKKEN (=C1 T/M C3). VOOR AFKORTINGEN VAN DE SOORTEN EN SOORTGROEPEN ZIE BIJLAGE TABEL V.

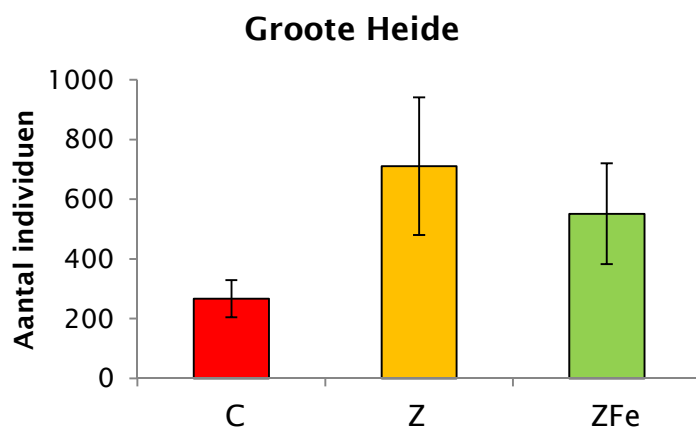
Alle in De Scheeken in substantiële aantallen aangetroffen soorten kennen een hemi-edaphische levenswijze. Dit is een sterk contrast ten opzichte van de proefvelden in de Groote Heide, waar soorten met een eu-edaphische levenswijze eveneens een substantieel aandeel van de gemeenschap innamen.

5.4.2 Verschillen in dichtheden

5.4.2.1 Totaal aantal

Groote Heide

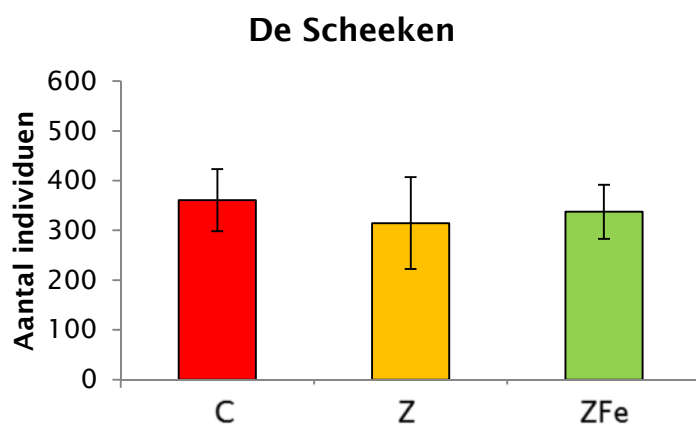
Het totaal aantal *Collembola* was hoger na zode verwijdering met of zonder ijzerslib dan in de controle, maar deze verschillen waren niet significant (Z en ZFe vs C; Figuur 5.3). Het is mogelijk dat de ijzerslib toevoeging de toename van *Collembola* (na het verwijderen van de zode) hier wat heeft geremd.



FIGUUR 5.3 GEMIDDELD AANTAL INDIVIDUEN (± 1 S.E.) IN DE IJZERSLIB PROEFVLAKKEN IN DE GROOTE HEIDE. C = CONTROLE, Z = ZODE VERWIJDERING, ZFe = ZODE VERWIJDERING PLUS IJZERSLIB.

De Scheeken

Het totaal aantal aangetroffen *Collembola* verschilde in De Scheeken niet significant tussen de behandelingen. Het gemiddeld aantal bemonsterde *Collembola* in de controle behandeling in De Scheeken (361.0) was hoger dan in de Groote Heide (266.6); de aantallen in de zode verwijdering met en zonder ijzerslib waren in De Scheeken echter niet verschillend ten opzichte van de controle behandeling (Figuur 5.4).

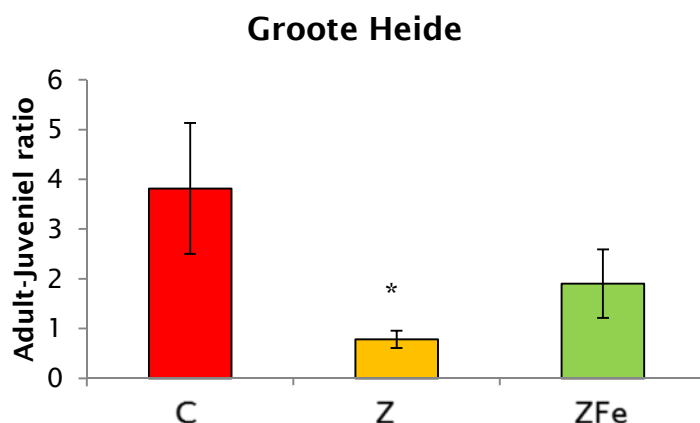


FIGUUR 5.4 GEMIDDELD AANTAL INDIVIDUEN (± 1 S.E.) IN DE IJZERSLIB PROEFVLAKKEN IN DE SCHEEKEN.

5.4.2.2 Adult-juveniel ratio

Groote Heide

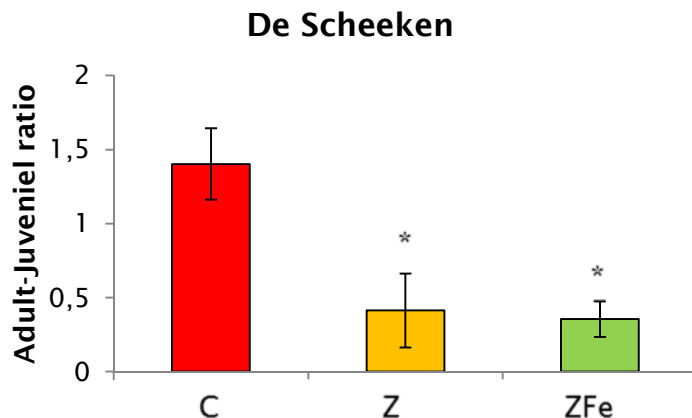
De Adult-Juveniel Ratio (aantal adulte individuen gedeeld door het aantal juveniele individuen in een monster; Figuur 5.5) was significant lager in de Z-behandeling (Linear model: $t=-2.483$, $p<0.05$), maar niet in de ZFe-behandeling. De verminderde toename in reproductie in de ZFe-behandeling is in lijn met de gevonden lagere dichtheden *Collembola* in de ZFe-behandelingen opzichte van de Z-behandeling.



FIGUUR 5.5 GEMIDDELTE VERHOUDING TUSSEN ADULTEN EN JUVENIELEN, (± 1 S.E.) IN DE IJZERSLIB PROEFLAKKEN IN DE GROOTE HEIDE. * GEEFT SIGNIFICANT VERSCHIL AAN T.O.V. CONTROLE.

De Scheeken

De Adult-Juvenile Ratio verschilde in De Scheeken significant tussen behandelingen (ANOVA: $F=7.70$; $p=0.022$) en was significant lager in zowel de Z- als ZFe-behandelingen ten opzichte van de controle behandeling (Tukey post-hoc test: Niks : Zode $p=0.038$; Niks : Zode Fe: $p=0.030$;). Ten opzichte van de Adult:Juvenile ratio in de Groote Heide valt tevens op dat deze in de controle behandeling in De Scheeken (1.4) beduidend lager is dan die van in de Groote Heide (3.8).



FIGUUR 5.6. GEMIDDELTE VERHOUDING TUSSEN ADULTEN EN JUVENIELEN, (± 1 S.E.) IN DE IJZERSLIB PROEFLAKKEN IN DE SCHEEKEN. * GEEFT SIGNIFICANT VERSCHIL AAN T.O.V. CONTROLE.

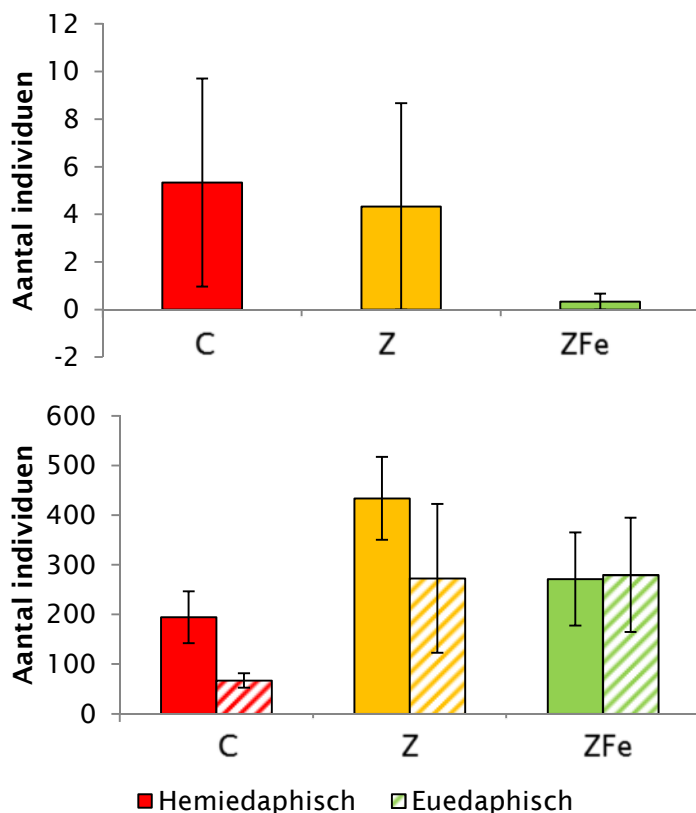
5.4.2.3 Levensvorm

Groote Heide

Het aantal epedaphische *Collembola* was in alle behandelingen laag en erg variabel (Figuur 5.7, bovenste grafiek). Verschillen tussen de behandelingen waren niet significant. Het aantal eu- en hemi-edaphische *Collembola* was veel hoger dan het aantal epedaphische soorten. in alle locaties (Figuur 5.7, onderste grafiek). Deze waren doorgaans hoger in de Z- en ZFe-behandelingen, maar de aantallen varieerden sterk in de verschillende monsters. Het aantal eu-edaphische *Collembola* verschilde niet significant van de controle behandeling. Het

aantal hemi-edaphische *Collembola* was licht, maar niet significant hoger in de Z-behandeling (GLM: $t=2.038$; $p<0.09$). Het aantal hemi-edaphische soorten was lager in de ZFe-behandelingen dan in de Z-behandeling. Het aantal eu-edaphische *Collembola* verschilde evenwel niet tussen deze behandelingen.

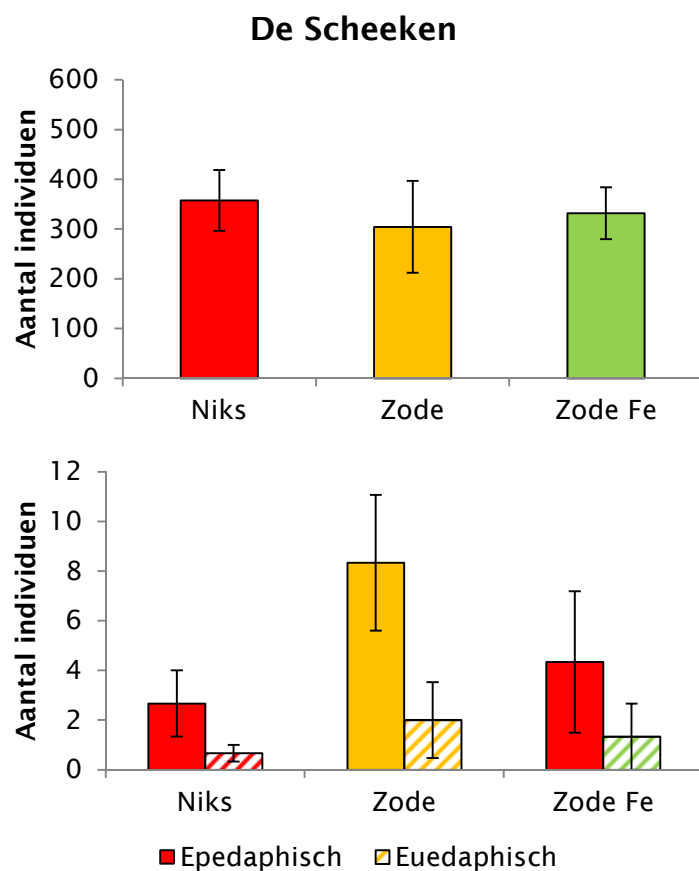
Groote heide



FIGUUR 5.7. GEMIDDELD AANTAL (± 1 S.E.) EPEDAPHISCHE (BOVENSTE GRAFIEK), HEMI-EDAPHISCHE EN EU-EDAPHISCHE *COLLEMBOLA* (ONDERSTE GRAFIEK) IN DE IJZERSLIB PROEFVLAKKEN IN DE GROOTE HEIDE.

De Scheeken

Het aantal epedaphische *Collembola* was in alle behandelingen laag en erg variabel (Figuur 5.8, onderste grafiek) en verschillen tussen de behandelingen waren niet significant. Het aantal eu-edaphische *Collembola* was in De Scheeken, in sterk contrast met de Groote Heide, eveneens laag in alle behandelingen. Enkel hemi-edaphische *Collembola* zijn in hoge aantallen in alle behandelingen aangetroffen (Figuur 5.8, bovenste grafiek). Het gemiddelde aantal hemi-edaphische *Collembola* was in alle behandelingen gelijk, variërend tussen 304.3 en 357.7 individuen. Doorgaans zijn eu-edaphische soorten in hogere aantallen aanwezig dan hemi-edaphische soorten, behalve als de condities in de diepere bodem minder gunstig zijn dan in de ondiepe bodem/strooisel. In oude, ongestoorde graslanden komen meer eu- dan hemi-edaphische *Collembola* voor, terwijl in jonge, verstoorde graslanden hemi-edaphische soorten sneller toe kunnen nemen dan eu-edaphische soorten. Dieper in de bodem moet de schimmelaafbraak eerst weer goed op gang zijn gekomen voordat daar een grote populatie *Collembola* op grazen kan. Na frezen en/of ploegen/ontgronden heeft dit herstel enige tijd nodig.

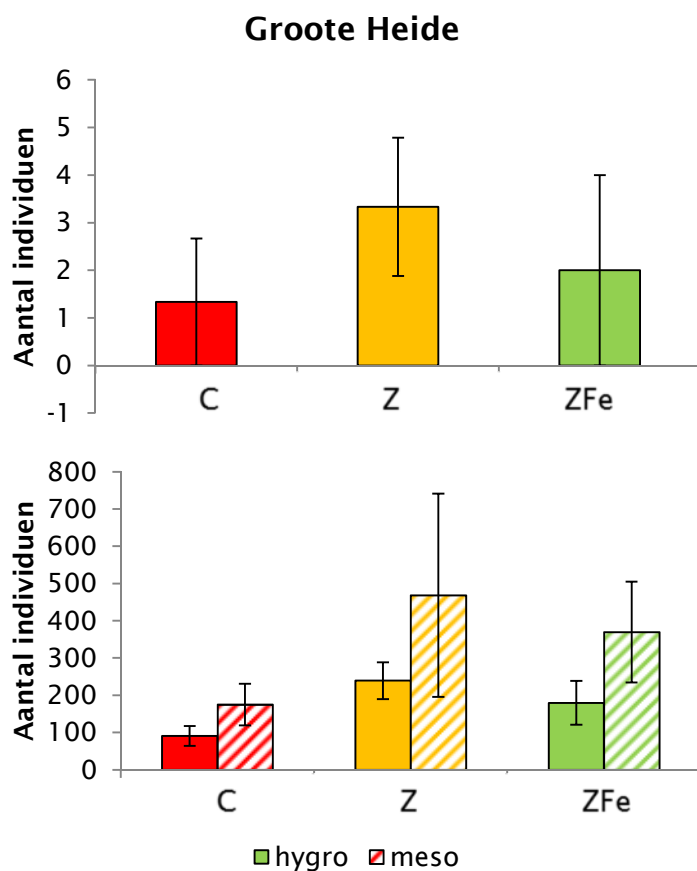


FIGUUR 5.8 GEMIDDELD AANTAL (± 1 S.E.) HEMI-EDAPHISCHE (BOVENSTE GRAFIEK) EN EPDAPHISCHE EN EU-EDAPHISCHE *COLLEMBOLA* (ONDERSTE GRAFIEK) IN DE IJZERSLIB PROEFVLAKKEN IN DE GROOTE HEIDE.

5.4.2.4 Droogtetolerantie

Groote Heide

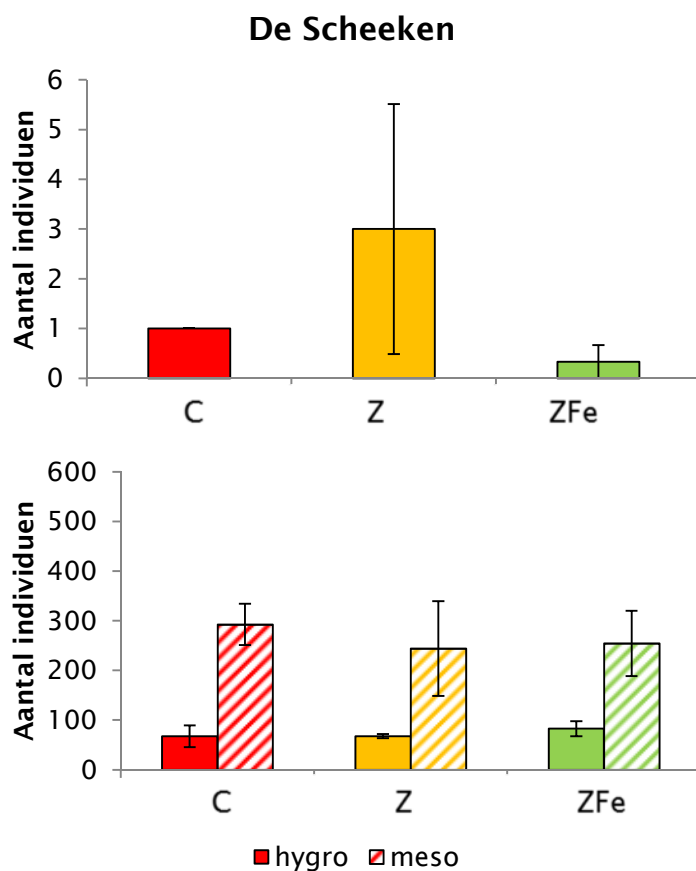
Het aantal *Collembola* was voor elke groep (xerofiel, mesofiel en hygrofiel) gemiddeld het hoogst in de Z-behandeling, al waren overal de verschillen niet significant. Het aantal xerofiele *Collembola* (doorgaans epedaphische soorten) was laag in alle behandelingen en verschilde niet tussen de behandelingen (Figuur 5.9).



FIGUUR 5.9 GEMIDDELD AANTAL (± 1 S.E.) XEROFIELE (BOVENSTE GRAFIEK), HYGROFIELE EN MESOFIELE *COLLEMBOLA* (ONDERSTE GRAFIEK) IN DE IJZERSLIB PROEFVLAKKEN IN DE GROOTE HEIDE.

De Scheeken

Het gemiddeld aantal xerofiele *Collembola* in De Scheeken was in De Scheeken eveneens laag ten opzichte van de aantallen meso- en hygrofiele soorten (Figuur 5.10; bovenste grafiek). Het aantal meso- en hygrofiele *Collembola* verschilde eveneens niet significant tussen de behandelingen (Figuur 5.10; onderste grafiek). Opvallend is het verschil in dichtheden van hygrofiele *Collembola* in De Scheeken (67.7-82.7) ten opzichte van de Groote Heide (90.7-239.0).



FIGUUR 5.10 GEMIDDELD AANTAL (± 1 S.E.) XEROFIELE (BOVENSTE GRAFIEK), HYGROFIELE EN MESOFIELE *COLLEMBOLA* (ONDERSTE GRAFIEK) IN DE IJZERSLIB PROEFVLAKKEN IN DE SCHEEKEN.

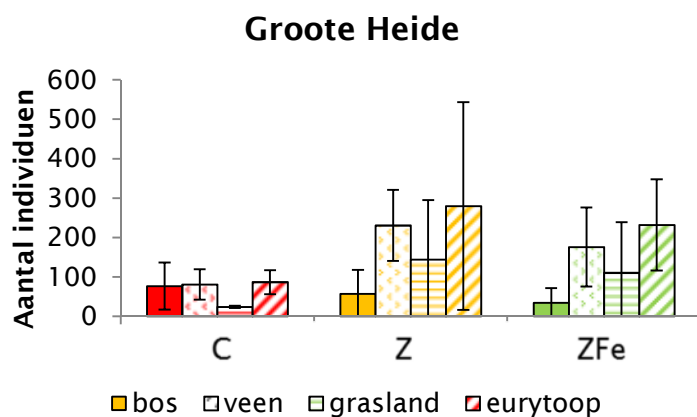
5.4.2.5 Gisin-biotoopkarakteristiek

Groote Heide

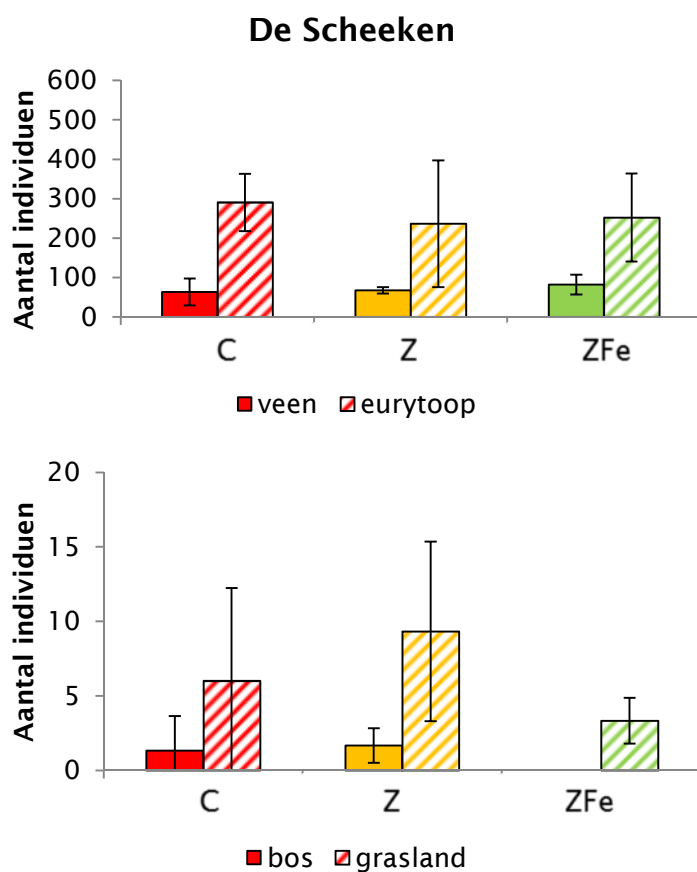
Afgezien van het aantal specifiek voor bosbodems geclassificeerde *Collembola*, waren de dichtheden van *Collembola* karakteristiek voor veen, grasland en eurytope soorten overall hoger in de Z- en ZFe-behandelingen dan in de controle behandelingen, al waren de aantallen niet significant verschillend (Figuur 5.11).

De Scheeken

In De Scheeken zijn op basis van de onderverdeling in Gisin-biotoop karakteristieken geen verschillen in dichtheden tussen de behandelingen gevonden (Figuur 5.12). In alle behandelingen nemen eurytope *Collembola* het grootste aandeel in, gevolgd door soorten die als karakteristiek voor venige situaties gelden. Soorten karakteristiek voor bos- en grasland systemen komen in De Scheeken in alle behandelingen in lage dichtheden voor, hetgeen contrasteert met de situatie in de Groote Heide, waar deze in beduidend hogere dichtheden zijn aangetroffen.



FIGUUR 5.11 GEMIDDELD AANTAL (± 1 S.E.) *COLLEMBOLA* VERDEELD OVER DE BIOTOOPCLASSIFICATIE VAN GISIN (1943) IN DE IJZERSLIB PROEFVLAKKEN.



FIGUUR 5.12 GEMIDDELD AANTAL (± 1 S.E.) *COLLEMBOLA* VERDEELD OVER DE BIOTOOPCLASSIFICATIE VAN GISIN (1943) IN DE IJZERSLIB PROEFVLAKKEN. BOVENSTE GRAFIEK: SOORTEN KARAKTERISTIEK VOOR VEEN EN EURYTOPE SOORTEN. ONDERSTE GRAFIEK: SOORTEN KARAKTERISTIEK VOOR BOS EN GRASLAND.

5.5 Discussie

5.5.1 Algemene overwegingen

Allereerst moet vastgesteld worden dat het aantal replica's in beide proeven erg laag is om robuust statistische verschillen tussen behandelingen aan te kunnen tonen. Dit is vooral bij aantalsbemonsteringen van belang, aangezien deze vaak een hogere mate van spreiding ten opzichte van het gemiddelde vertonen dan bijvoorbeeld metingen aan bodemchemische parameters. Ook misten de proeven een behandelcombinatie (geen zode verwijdering, wel ijzerslib toediening), waardoor het ook niet mogelijk was om te toetsen op de enkele behandelingseffecten. Door de hoge mate van interne variatie in totaal aantal bemonsterde *Collembola* tussen de replica's, in combinatie met het laag aantal replica's per behandeling waren vrij grote verschillen in gemiddelde aantallen vaak niet significant, en kon er enkel van een significante trend gesproken worden. Dit maakt het niet mogelijk om zeer harde uitspraken te doen over de effecten van ijzerslib toediening op springstaarten.

Daarnaast is ook duidelijk geworden dat er grote verschillen in samenstelling en respons bestaan tussen de proefopzet in de Groote Heide en De Scheeken. Deze zal deels een gevolg zijn van verschillen in uitgangssituatie, zoals verschillen in bodemtype, gemiddelde grondwaterstand, nutriëntstatus, etc. Een ander verschil tussen de monsternamen in de Groote Heide en De Scheeken was de situatie met betrekking tot het grondwater. In De Scheeken stond als gevolg van excessieve neerslaghoeveelheden in de weken voorafgaand aan de bemonstering water tot boven maaiveld. Deze zeer natte omstandigheden zullen ook invloed hebben uitgeoefend op de samenstelling van de springstaartgemeenschap op dat moment. Om deze redenen is gekozen om de resultaten van beide experimenten afzonderlijk van elkaar te analyseren. Significante verschillen, maar ook significante trends zijn hierbij gebruikt om deze invloed te duiden.

5.5.2 Effecten van behandelingen op de springstaartgemeenschap

De samenstelling van de springstaartgemeenschappen bij zowel de Z-behandeling als de ZFe-behandeling was beduidend anders dan die van de controle behandeling. In de Groote Heide waren met name een aantal eu-edaphische soorten en soortgroepen (Onychiuridae, Tullbergiidae) in de Z- en ZFe-behandelingen sterk in aantal toegenomen, terwijl een aantal hemi-edaphische soorten (*Pogognathellus flavescens*, *Tomocerus* sp.) nagenoeg afwezig waren in de Z- en ZFe-proefvlakken. Hiervoor in de plaats zijn andere hemi-edaphische soorten gekomen, waarbij *Brachystomella parvula* het meest uitgesproken voorbeeld is. Dit is een soort met een voorkeur voor open graslandsystemen, en is vaak de dominante soort in open, spaarzaam begroeide pioniersituaties. In De Scheeken waren eu-edaphische soorten echter in geen van de behandelingen in hoge aantallen aangetroffen. Verschuivingen in soortensamenstelling vonden plaats binnen hemi-edaphische soorten, met *Desoria* sp., *Parisotoma notabilis* en *Friesea mirabilis* in duidelijk hogere abundanties in de onbehandelde proefvlakken. In de Z- en ZFe-behandelingen waren *Brachystomella parvula* en *Isotomurus palustris* in beduidend hogere dichtheden aanwezig. Anders dan in de Groote Heide was er geen verschil in samenstelling tussen de Z- en ZFe-behandelingen in De Scheeken.

Met het verwijderen van de zode is de toplaag van de bodem eveneens gefreesd. Het lijkt er op dat deze maatregel de mineralisatie van strooisel in de Groote Heide fors heeft gestimuleerd, aangezien dichtheden van *Collembola* in deze behandelingen gemiddeld hoger waren dan in de controle behandelingen. Door de hoge mate van spreiding en het laag aantal replica's was dit effect statistisch gezien echter niet significant ($p < 0.1$). In De Scheeken is dit effect niet waargenomen. De adult-juveniel ratio was echter wel significant lager in de zode verwijderingsbehandeling dan in de controle behandeling; zowel in de

Groote Heide als in De Scheeken. Dit is een indicatie dat de reproductie activiteit van springstaarten door deze behandeling sterk is toegenomen, mogelijk als gevolg van een toegenomen voedselaanbod (fungi) door toegenomen mineralisatie van organisch materiaal.

Soorten die in diepere bodemlagen leven (eu-edaphische soorten) waren nagenoeg afwezig in De Scheeken, terwijl zij in de Groote Heide een substantieel aandeel in de gemeenschap innamen. Dit verschil is waarschijnlijk een gevolg van verschillen in hydrologische condities tussen beide locaties: ten tijde van bemonstering in De Scheeken stond grondwater op tot boven maaiveld. Lange perioden van waterverzadigde bodemcondities hebben een negatief effect op dichtheden van *Collembola* door het snel optreden van anoxische condities. Hemi- en epedaphische soorten zijn door hun relatief hogere mobiliteit beter in staat om deze condities te ontwijken dan eu-edaphische soorten (Hopkin, 1997). Bij langdurige inundatie sterven adulten en juvenielen van eu-edaphische soorten en is heropbouw van de populatie alleen mogelijk uit de resistentere ei-fase of vanuit migratie vanuit restpopulaties uit de omgeving (Irmler, 2004). Het laatste kan meerdere maanden in beslag nemen.

In de Groote Heide namen eu-edaphische soorten niet significant toe in de Z- en ZFe-behandelingen, verschillen tussen beide behandelingen waren minimaal. In contrast hiermee was de reactie van de hemi-edaphische *Collembola*. Zij lieten een trend zien richting hogere aantallen bij de Zode verwijderingsbehandeling ten opzichte van de controle, maar verschillen waren niet significant. In De Scheeken was evenwel geen verschil in abundantie van hemi-edaphische soorten tussen de verschillende behandelingen gevonden. Uitgaande van de resultaten van de Groote Heide is er een indicatie dat hemi-edaphische springstaarten net als eu-edaphische springstaarten gestimuleerd zijn door de zodeverwijderings-behandeling, maar dat zij in contrast met de eu-edaphische springstaarten licht geremd worden door de ijzerslib behandeling. Verschillen in deze respons kunnen het gevolg zijn van verschillen in reproductiemethode (eu-edaphische soorten planten zich meestal ongeslachtelijk voort, hemi-edaphische soorten kennen veel vaker geslachtelijke voorplanting), metabole activiteit (hemi-edaphische soorten zijn mobieler en actiever dan eu-edaphische soorten) of door onderlinge verschillen in gevoeligheid voor ijzertoxiciteit. Opgemerkt moet worden dat er enkel sprake is van een negatieve trend, en dat deze effecten in de proef op De Scheeken niet zijn gevonden.

5.5.3 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de samenstelling en dichtheid van *Collembola* in de proeven het sterkst door de voorbereidende maatregel "zode verwijderen en frezen" zijn beïnvloed, en in veel mindere mate door ijzerslibtoevoeging. In beide proeflocaties is dit waarneembaar als een verschil in samenstelling van de gemeenschap en als een verschil in de adult-juвениel ratio in de Z- en ZFe-behandelde proefvlakken met de controle behandeling. Deze proefvlakken reflecteren een pioniersituatie, die in de Groote Heide als gevolg van toegenomen mineralisatie heeft geleid tot hogere dichtheden van *Collembola* ten opzichte van de controle. In De Scheeken is dit effect niet gevonden, wellicht als gevolg van de zeer natte bodemcondities.

Enkel in de Groote Heide zijn er aanwijzingen gevonden dat ijzerslibtoediening een mogelijk remmende invloed heeft op de dichtheid en reproductieactiviteit van springstaarten. Soorten die zich in de bovenste bodemlaag bevinden worden het sterkst gestimuleerd door voorbereidende maatregelen (zodeverwijdering en infrezen), en eveneens het sterkst geremd door ijzerslibtoediening. Het pionierkarakter van de behandelde proefvlakken ten tijde van bemonstering, de verschillen tussen bodemcondities en springstaartgemeenschappen in de onderzoekslocaties en het dominante effect van de voorbereidende maatregel (frezen) op samenstelling en dichtheid van *Collembola* maken het niet mogelijk om harde uitspraken

over mogelijke remming van ijzerslib op *Collembola* te maken. Dit is pas mogelijk wanneer het pionierkarakter en de initiële stimulering van de afbraak door frezen in de behandelde proefvlakken is overgegaan in een meer stabiele situatie. Ook is het aan te bevelen om een eventuele vervolg monsternamen in dezelfde periode uit te voeren, in minder extreem natte omstandigheden, om grote verschillen in abiotische condities en effecten van waterverzadiging op de bodemgemeenschap uit te kunnen sluiten.

Hemi-edaphische soorten spelen een rol in het begin van strooiselomzetting. Zij bestaan hoofdzakelijk uit herbivore grazers (Berg et al., 2004), wat betekent dat zij grote hoeveelheden dood en levend plantaardig materiaal eten en uitscheiden, en hebben daarmee een belangrijke functie in het verkleinen van ruw organisch strooisel naar kleinere partikels die een veel gunstiger oppervlakte:volume ratio hebben. Springstaarten hebben daardoor, ondanks dat zij grote hoeveelheden bacterie en schimmelmassa eten, toch een stimulerende werking op bodemafbraakprocessen (Hopkin, 1997, Eisenhauer et al., 2010). Een remming in de ontwikkeling van deze groep kan leiden tot een verminderde afbraak van dit ruwe strooisel wat kan leiden tot een toename van slecht verteerd strooisel. Een mogelijk negatief hiervan is dat de bodem 'vervilt' raakt, wat negatieve consequenties heeft op de soortensamenstelling van vaatplanten. Het is daardoor aan te raden om na enige jaren die parameters (nutriënt budgets, strooiseldikte, organisch stof gehalte, humusvorm) in het experiment te bepalen, eventueel in combinatie met een herhaling van de bodemmesofauna bemonstering.

6 Juridische aspecten toepassing

6.1 Aanleiding

De toepassing van drinkwaterslib in natuurgebieden is een innovatieve maatregel waarmee in de praktijk geen tot beperkt ervaring is. Het is voor veel instanties dan ook nog onduidelijk hoe deze maatregel moet worden beoordeeld en welke wettelijke kaders van toepassing zijn. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de juridische aspecten van deze toepassing en hoe onze resultaten mogelijk kunnen leiden tot meer eenduidigheid en duidelijkheid in vergunningverlening.

6.2 Wettelijke kaders

Voor het in de (water)bodem brengen van een stof in een natuurgebied zijn een aantal wetten relevant: de Wet Bodembescherming, de Wet Natuurbescherming en (mogelijk) de Meststoffenwet. In het geval van een afvalstof zijn ook de Wet Milieubeheer (hoofdstuk 10) en het stortverbod voor afvalstoffen van belang.

Bijproductstatus

Ijzerslib en ijzerkalkslib uit de Nederlandse drinkwaterwinning zijn in vrijwel alle gevallen een bijproduct. De stof voldoet aan de bijproductcriteria¹ en de Nederlandse drinkwaterbedrijven hebben een registratie gedaan voor ijzer(hydr)oxide en calciumcarbonaat volgens de Europese Chemicaliënverordening Reach.

Wet Bodembescherming

Op grond van de Wet Bodembescherming is het verboden om handelingen te verrichten die de bodem kunnen verontreinigen of aantasten (zorgplicht bodem). De Minister kan bij algemene maatregel van bestuur nadere eisen stellen aan bepaalde handelingen waaronder gebruik van a) grond/bagger, b) bouwstoffen², en c) meststoffen.

Als het drinkwaterslib als één van deze drie categorieën kan worden toegepast, gelden de eisen uit het Besluit bodemkwaliteit (grond, bagger en bouwstoffen) of uit het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Als het drinkwaterslib niet onder één van deze drie titels kan worden toegepast, geldt de algemene zorgplicht. Er moet dan aangetoond worden dat toepassing van het drinkwaterslib geen schadelijke gevolgen heeft voor de bodem. Het bevoegd gezag hiervoor is de gemeente (bodem) of waterschap (waterbodem).

In onderstaande paragrafen wordt nader bekeken welke wet of besluit van toepassing is op het toedienen van drinkwaterslib, zoals beoogd in ons onderzoek,

Besluit Bodemkwaliteit

Kan drinkwaterslib voor toepassing als fosfaatbinder in een natuurgebied beschouwd worden als grond, baggerspecie of bouwstof? Drinkwaterslib kan passen in de definitie van grond of baggerspecie en als zodanig worden toegepast. De praktijkervaring wijst uit dat bevoegde gezagen laag ijzerhoudende slibben afkomstig van de coagulatie van

¹ Bijproduct: reststof zoals bedoeld in artikel 1.1, lid 6, laatste volzin van de Wet milieubeheer, die het resultaat is van een productieproces dat niet in de eerste plaats is bedoeld voor de productie van die stof en waarbij is voldaan aan de voorwaarden genoemd in artikel 5, eerste lid van de Kaderrichtlijn Afvalstoffen nr. 2008/98/EG.

² Voor toepassing als grond of bouwstof is een milieuhygienische verklaring vereist (partijkeuring AP04). Met deze keuring wordt aangetoond dat de stof voldoet aan de grenswaarden voor zware metalen en organische micro verontreinigingen.

oppervlaktewater als baggerspecie aanmerken. Voor hoog ijzerhoudende slibben uit de grondwaterwinning is in praktijk het oordeel vaak dat het niet past in de definitie van grond. Voor de toepassing van fosfaatbinding zijn met name de hoger ijzerhoudende slibben interessant, zodat toepassing als grond zelden een optie zal zijn.

Drinkwaterslib kan passen in de definitie van bouwstof mits het voldoende zand bevat in verband met de eis van “steenachtigheid”. Dit is normaliter niet het geval. Een deel van het drinkwaterslib van de waterbedrijven bevat echter wel veel zand, doordat het bij de opslag vermengd raakt met vijverbodem. Alleen dit zandrijke drinkwaterslib kan als bouwstof gelden en wordt in de praktijk reeds als bouwstof toegepast³. Bouwstoffen mogen volgens het Besluit bodemkwaliteit niet met de bodem worden vermengd en moeten verwijderd kunnen worden. Dat betekent dat drinkwaterslib of ijzerzand alleen als bouwstof toegepast kan worden indien het terugneembaar toegepast wordt, bijvoorbeeld in een nutriëntenbuffer. Dit geldt derhalve niet voor de toepassingswijze die wij met dit onderzoek beogen.

Uitvoeringsbesluit en Uitvoeringsregeling Meststoffenwet

Kan drinkwaterslib voor toepassing als fosfaatbinder in een natuurgebied dan wellicht beschouwd worden als meststof? Ijzerslib (ook wel waterijzer genoemd) staat op de lijst van toegelaten meststoffen (bijlage Aa bij Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) als “eindproducten van bewerking procedés die als meststof kunnen worden verhandeld” onder het kopje “hulpstof of toevoegmiddel” voor de bereiding van deze eindproducten. Anders dan het eveneens op bijlage Aa vermelde kalkslib (met een laag ijzergehalte), mogen de ijzerrijke ijzerslibben en ijzerkalkslibben echter niet direct op het land gebracht worden als meststof. Voor de door ons beoogde maatregel is dus ook de toepassing als meststof volgens bijlage Aa geen optie.

Ook classificeert drinkwaterslib niet als anorganische meststof binnen de categorie “Overige anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om micronutriënten te leveren”. Hoewel drinkwaterslib het micronutriënt ijzer bevat, zou dit in de vorm van ijzerchelaat of een ijzerzout moeten zijn, en het ijzer in drinkwaterslib betreft ijzer(hydr)oxide.

Kortom, de toepassing van drinkwaterslib zoals bedoeld in dit project, valt niet onder één van de categorieën grond/bagger, bouw- of meststof. Voor de toepassing ervan geldt derhalve de algemene zorgplicht bodem.

Wet Natuurbescherming

In natuurgebieden gelden natuurbeschermingsregels. De Wet natuurbescherming en Natura 2000 laten activiteiten toe (vergunningplichtig, tenzij toegelaten in het beheersplan) die niet schadelijk zijn voor de in stand te houden natuurwaarden. Het toedienen van drinkwaterslib als fosfaatbindingsproduct aan de bodem kan op basis hiervan toegelaten worden, dit is ter beoordeling van de natuurbeheerder.

³ Bouwstoffen mogen normaliter geen grond bevatten. In de toelichting van de Regeling bodemkwaliteit is echter aangegeven dat dit niet geldt voor materiaal dat inherent grond bevat zoals immobilisaat en drinkwaterreststoffen. Zie Artikel 26, 2° lid: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2007-469.html>

6.3 Conclusies

Ijzerrijk drinkwaterslib heeft de status van bijproduct. Voor het toedienen ervan als fosfaatbindingsproduct aan bodems van natuurgebieden gelden de Wet Natuurbescherming en de zorgplicht bodem. Dit laatste wil zeggen dat het gebruik geen bedreiging vormt voor de bodem. Het bevoegd gezag voor deze afweging is de gemeente of het waterschap. Ook de beheerder van het natuurgebied moet uiteraard betrokken worden en eventueel vergunning verlenen voor het toepassen van drinkwaterslib in een natuurgebied.

Ons onderzoek heeft overigens aangetoond dat de toepassing van drinkwaterslib geen nadelige effecten heeft op de bodem. Door bij de selectie van geschikte drinkwaterslibben de concentraties aan zware metalen als één van de selectiecriteria mee te nemen, wordt voorkomen dat de natuurlijke achtergrondwaarden voor deze metalen worden overschreden. Daarnaast bindt het ijzer in het drinkwaterslib, behalve fosfaat, ook in de bodem aanwezige metalen, en verlaagt zo de beschikbare concentratie ervan.

7 Aanbod en selectie geschikt slib

7.1 Selectie geschikt slib

Voor de selectie van drinkwaterslib dat in aanmerking komt voor toepassing op voormalige landbouwgronden, zijn onderstaande criteria t.a.v. de chemische samenstelling opgesteld. Voor de uiteindelijke toepassing van drinkwaterslib is uiteraard ook een kosten-baten analyse nodig: welke drinkwaterslibben zijn tegen een aanvaardbare prijs beschikbaar? Voor deze afweging zijn logistieke kosten (transportafstand en opslag) van belang, maar ook de waarde die bepaald wordt door andere toepassingen van het ijzerslib, bijvoorbeeld als zwavelbinder in biovergisters. Op het vraagstuk van logistiek en kosten wordt ingegaan in hoofdstuk 8. In onderstaande paragrafen wordt de selectie beschreven op basis van de chemische samenstelling van het slib.

7.2 Selectiecriteria samenstelling

- Goede verhouding tussen ijzer (Fe) plus aluminium (Al) en fosfaat (P).
 - o In het veld wordt een ratio nagestreefd van $(Fe+Al)/P < 0.1$. Des te hoger deze ratio in het slib is, des te minder er van nodig is in het veld. Slib met een $(Fe+Al)/P$ ratio van 0.1 of hoger is ongeschikt, want het bevat zelf al teveel P.
- Lage concentraties zware metalen
 - o Door het mengen van de benodigde hoeveelheid drinkwaterslib met de bovenste bodemlaag, dient de achtergrondwaarde van aanwezige zware metalen niet verhoogd te worden.
- Laag stikstofgehalte
 - o Grondbewerking resulteert in het algemeen in een (tijdelijk) hogere afbraak van organisch materiaal. Inbrengen van stikstof (N) rijk slib draagt daar verder aan bij. Het gevolg hiervan is dat de gewenste verlaging van nutriëntenbeschikbaarheid niet optreedt (door een verhoging van de N/P ratio in de bodem) waar ruigtesoorten als akkerdistel en brandnetel van kunnen profiteren.
- Drogestofgehalte (tussen 8 en 20%)
 - o Vloeibaar drinkwaterslib heeft een d.s. van ca. 8%. Slib met een drogestofgehalte (d.s.) lager dan 8% bevat naar verhouding te weinig Fe en zorgt bovendien voor hogere transportkosten per m³ slib. Steekvast slib (> 30% d.s.) is met de gangbare technieken moeilijk met de bodem te mengen. Echter, als het slib wat betreft chemische samenstelling potentieel geschikt is, kan gekeken worden of het qua d.s. op specificatie gebracht kan worden.

7.3 Aanbod geschikte slibben

In Tabel 7-1 wordt een overzicht gegeven van het volume (gemiddeld over 2014-2016) aan potentieel geschikte ijzer- en ijzerkalkslibben van Vitens, Brabant Water, Waterbedrijf Groningen en de overige Nederlandse waterbedrijven. Als selectiecriteria zijn gebruikt: 1) het P-bindend vermogen en 2) de aanwezigheid van verontreinigingen in het slib.

TABEL 7-1. RESULTAAT BEOORDELING DRINKWATERSLIBBEN: JAARLIJKS BESCHIKBARE VOLUMES (TON), GEMIDDELD OVER 2014-2016.

	Brabant Water	Vitens	Waterbedrijf Groningen	Overige drinkwater bedrijven	Totaal	
Geschikt bij elke dosering	5.088	21.629	6.612	24.371	57.700	81%
Geschikt afhankelijk van dosering	133	4.502	1.584	2.416	8.635	12%
Te hoge PSI (>0,12)	908	2.972	0	922	4.802	7%
Teveel zware metalen	0	52	0	0	52	0%
Totaal	6.129	29.155	8.196	27.709	71.189	100%

Beoordeeld zijn alleen locaties waarvan voldoende analysegegevens beschikbaar waren voor de selectie, dit gold voor 90% van de productielocaties. Met het jaarlijks vrijkomend volume kan uitgaande van de gebruikte doseringen in de proeflocaties een aanzienlijk areaal behandeld worden (Tabel 7-2).

TABEL 7-2. GLOBALE BEREKENING VAN MET IJZERSLIB TE BEHANDELEN AREAAL PER JAAR.

Jaarproductie slib (ton)	66.335
Ijzergehalte slib (gemiddeld) (kg Fe/ton slib)	28
Suppletiebehoefte (kg Fe/m ²)	0,6 - 2,8
Te behandelen oppervlak (ha)	66 - 310

Vrijwel het gehele volume aan drinkwaterslibben heeft al een bestaande, veelal hoogwaardige, toepassing. Dat betekent dat in de huidige markt slechts een beperkt deel beschikbaar is voor natuurontwikkeling.

7.4 Selectie geschikte slibben

Bijlage tabel VII bevat een overzicht van productielocaties met potentieel geschikt slib. Voor elk slib is de molaire verhouding van fosfor t.o.v. ijzer en aluminium: P/(Fe+Al) opgenomen. Alleen slibben beneden de 0,12 zijn opgenomen in de tabel.

Grondwater bevat lage concentraties zware metalen, deze komen bij de ontijzering geconcentreerd in het ijzerslib terecht door de (sterk) bindende werking van ijzerhydroxide. Via het ijzerslib worden zware metalen in lage concentraties aan de bodem toegevoegd. Relevant zijn hier de zware metalen: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb en Zn, met als kritische stoffen kwik (Hg) en arseen (As). Bij een enkele productielocatie is er sprake van een overschrijding van vrijwel alle zware metalen.

Andere verontreinigende stoffen (PAK's enz. zijn niet noemenswaardig aanwezig).

Metalen in ijzerslib logen echter nauwelijks uit, blijkt uit de praktijk en diverse onderzoeken. Uit de in de Groote Heide uitgevoerde praktijkproef met ijzerslib voor fosfaatbinding bleek dat het ijzerslib de pH van de bodem verhoogde, en reeds in de bodem aanwezige metalen

sterker werden gebonden en daardoor verminderd direct beschikbaar zijn (Dorland et al., 2016). Op korte termijn zal er dus sprake zijn van een verbetering, echter op lange termijn zouden de zware metalen door bodemprocessen, wisselende zuur- en vochtgraad kunnen vrijkomen en uitspoelen.

Als referentie kan uitgegaan worden van de normstelling uit het Besluit bodemkwaliteit of de normstelling voor meststoffen. De normstelling voor meststoffen is minder geschikt omdat deze uitgaat van een jaarlijkse toevoeging en niet om een eenmalige ijzersuppletie zoals in dit geval. Bovendien is deze gebaseerd op landbouwgebieden en niet op natuurgebieden. In het besluit Bodemkwaliteit geldt voor natuurgebieden de AW-norm, deze is gebaseerd op de natuurlijke achtergrondwaarden (AW) van diverse stoffen in Nederland. De ijzerslibben zijn daarom geselecteerd vanuit het principe dat na toevoeging van het ijzerslib de gehalten aan zware metalen in de bovengrond niet de AW normen mogen overschrijden.

Het gehalte aan zware metalen in de ontvangende bodem is niet op voorhand bekend. Om toch een selectie te kunnen maken is uitgegaan van het RIVM bestand AW2000 met een steekproef van 100 locaties. Hieruit is de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval bepaald voor de zware metalen. Deze waarde is aangehouden voor de ontvangende bodem in de berekeningen.

In de vijf uitgevoerde praktijkproeven (inclusief de eerdere praktijkproef, de BTO pilot in de Groote Heide) lag de benodigde hoeveelheid slib tussen de 0,7 en 13,9 cm (zie hoofdstuk 2). De ijzergift lag tussen de 0,7 en 2,8 kg Fe/m². Uitgaande van deze toepassingsrange is voor verschillende ijzergiften (0,5, 1, 2 en 4 kg Fe/m²) van het ijzerslib het acceptabele gehalte aan zware metalen bepaald. Acceptabel houdt in dat na toepassing van het slib de AW waarden in de bovengrond niet worden overschreden. Daarbij is ervan uit gegaan dat het ijzerslib gemengd wordt met de bovenste 20 cm van de bovengrond. Voor de dichtheid van de ontvangende bodem is uitgegaan van 1300 kg/m³ (matig vochtige grond) en een drogestofgehalte van 80%.

7.5 Conclusies

Drinkwaterslib van een groot aantal productielocaties van de Nederlandse drinkwaterbedrijven is potentieel geschikt om als fosfaatbinder te worden toegepast op P-rijke, voormalige landbouwgronden (Tabel 7-1 en Bijlage tabel VII). Deze winningen liggen verspreid over Nederland. Hierdoor is het theoretisch mogelijk om bij toekomstige toepassingen van drinkwaterslib, het slib lokaal te betrekken.

Jaarlijks komt ruim 65 duizend ton potentieel geschikt drinkwaterslib vrij. Daarmee kan 65 tot 330 ha behandeld worden. Dit volume is niet vrij beschikbaar, want het grootste deel van de drinkwaterslibben heeft al een bestaande, veelal hoogwaardige, toepassing. Dat betekent dat in de huidige markt de toepassing voor natuurontwikkeling concurreert met andere afzetmogelijkheden.

8 Kosten en logistiek toepassing drinkwaterslib

Een behoorlijk deel van de jaarlijks vrijkomende drinkwaterslibben is qua samenstelling geschikt voor natuurontwikkeling (zie paragraaf 7.4). Voor de toepassing in de praktijk is daarnaast van belang welke drinkwaterslibben tegen een aanvaardbare prijs en met voldoende volume beschikbaar zijn en hoe de leveringsketen eruit ziet. De prijs hangt af van de logistiek (transportafstand en opslag), maar ook van de waarde die bepaald wordt door andere toepassingen van het ijzerslib, bijvoorbeeld als zwavelbinder in biovergisters. In dit hoofdstuk wordt uitgegaan van toepassing van drinkwaterslib t.b.v. natuurontwikkeling op fosfaatrijke zandgronden.

8.1 Leveringsketen

De drinkwaterslibben van de Nederlandse drinkwaterbedrijven en De Vlaamse Watergroep worden door AquaMinerals (voorheen Reststoffenunie) op de markt gebracht. AquaMinerals functioneert als shared service center voor deze bedrijven en organiseert transport, opslag en verkoop.

De kortste en goedkoopste leveringsketen is één op één levering van een drinkwaterbedrijf naar een natuurontwikkelingsproject waar het direct toegepast wordt. Dit zal in de praktijk om een aantal redenen echter vaak niet te realiseren zijn:

- vooraf is het droge stofgehalte niet bekend, hierdoor kan de exacte dosering niet worden vastgesteld;
- de samenstelling en daarmee fosfaatbindingscapaciteit kan afwijken van eerdere analyses, deze moet voorafgaande aan de toepassing bepaald worden om de dosering te kunnen bepalen. Het PSI-getal (verhouding Fe + Al met P) is redelijk constant, maar niet de absolute hoeveelheid, dit varieert tot een factor 2⁴;
- het moment waarop drinkwaterslib vrijkomt en het moment waarop het project het nodig heeft zijn niet gelijk;
- er zijn vrij grote volumes nodig, deze komen niet in korte tijd vrij op één drinkwaterproductielocatie.

Het zal daarom vaak nodig zijn dat er een vorm van tussenopslag is, die de gelegenheid biedt het materiaal op de juiste specificatie te brengen en voldoende materiaal bij elkaar te brengen voor het betreffende project. Een tussenopslag biedt ook de mogelijkheid het droge stofgehalte dat meest rond de 8% ligt omhoog te brengen.

Tussenopslag kan bij een aannemer of op het natuurterrein in een tijdelijke aangelegde voorziening. Opslag bij een aannemer betekent naast opslagkosten ook kosten van een extra transportbeweging. Bij opslag op het natuurterrein zijn er de kosten van de aanleg van een tijdelijke vijver, mobiele damwanden e.d.

⁴ Rekenvoorbeeld voor een betrouwbare locatie: ds 7-9%, ijzer 30-35%. Variatie: 21-32 gram fe/kg slib. Rekenvoorbeeld onbetrouwbare locatie: ds 6-15%, ijzer 20-30%. Variatie: 12-45 gram fe/kg slib.

In gevallen waarin een beperkte hoeveelheid nodig is, deze direct beschikbaar is bij een drinkwaterproductielocatie en zowel samenstelling als droge stofgehalte van de betreffende locatie voldoende stabiel zijn kan direct geleverd worden.

8.2 Tussenopslag

De tussenopslag dient dusdanig ingericht te zijn, dat geen vervuiling kan plaatsvinden met andere, vreemde, bestanddelen. Tussenopslag kan tegen vergoeding bij een aannemer met opslagcapaciteit of op het terrein van de natuurbeheerder waar het wordt toegepast.

Om tijdig voldoende geschikt drinkwaterslib te kunnen leveren moet AquaMinerals tijdig weten wat het benodigde volume is. Op basis van wat nu bekend is dient rekening te worden gehouden met een periode van circa 1,5 jaar om de beschikbaarheid te kunnen garanderen.

Hiervoor zijn een aantal redenen:

- het vinden (of ontwikkelen) van een geschikte opslag- en bufferlocatie;
- regelen van vergunningen;
- vrijwel alle drinkwaterslibben staan onder contract en zijn niet ad hoc ter beschikking voor natuurontwikkeling. Dit geldt met name voor de ijzerslibben, ijzerkalkslibben zijn meest wel beschikbaar;
- het drinkwaterslib komt op de meeste locaties niet ineens in grote volumes vrij, de voorraad dient over langere tijd te worden opgebouwd.

Dit sluit niet uit dat als er een geschikte match is tussen aanbod en vraag er ook op zeer korte termijn geleverd kan worden.

8.3 Kosten

De kosten voor de toepassing van drinkwaterslib op fosfaatrijke gronden zijn opgebouwd uit transportkosten, opslagkosten, de verkoopprijs van het materiaal, de kosten van het opbrengen van het slib en eventueel de kosten van zode verwijdering.

In de praktijkproeven op zandgrond was per hectare 0,63 tot 1,15 kg Fe/m² nodig. Deze dosering komt overeen met 225 a 406 ton ijzerslib of 292 á 526 ton ijzerkalkslib uitgaande van de gemiddelde samenstelling van ijzer- respectievelijk ijzerkalkslib (ijzerslib: 8% droge stof, 35% ijzer; ijzerkalkslib: 12% droge stof, 18% ijzer).

De actuele verkoopprijs van vloeibaar ijzerslib (8% d.s.) is €18,50 per ton. Ijzerkalkslib is 'om niet' verkrijgbaar, mits de transportafstand beperkt is. Deze prijzen zijn franco geleverd, dus inclusief transport van de productielocatie direct naar de afnemer. Wanneer het materiaal via een tussenopslag gaat zijn er wel kosten voor het extra transport en de opslagkosten. Ca € 8 euro per ton voor vloeibaar ijzerslib en ca € 10 per ton voor ijzerkalkslib.

Uitgaande van het hierboven genoemde verbruik in de praktijkproeven op zandgrond ontstaat het indicatieve kostenplaatje (prijspeil 2016) dat in Tabel 8-1 is vermeld.

TABEL 8-1. INDICATIEF KOSTENOVERZICHT TOEPASSING DRINKWATERSLIB. ALLE BEDRAGEN IN €

	Per ton		Per ha			
	Ijzerslib	Ijzerkalkslib	Ijzerslib (min-max)		Ijzerkalkslib	
Kosten drinkwaterslib	15	0	4.163	7.506	0	0
Kosten externe opslag en extra transport	8	10	1.800	3.246	2.917	5.259
Kosten opslag eigen terrein	3 - 5	3 - 5	675	2.029	875	2.630
Kosten aanbrengen	2,7	2,7	612	1.104	793	1.431
Kosten zode verwijdering			4.543	4.543	4.543	4.543
Totaal						
Directe levering*			4.775	8.609	793	1.431
Opslag op natuurterrein			5.450	10.638	1.668	4.060
Opslag extern			6.575	11.855	3.710	6.690
Totaal met zode verwijdering						
Directe levering*			9.318	13.152	5.336	5.974
Opslag op natuurterrein			9.993	15.181	6.211	8.603
Opslag extern			11.118	16.398	8.253	11.233

*) Geen opslag, direct leveren vanaf drinkwaterbedrijf en direct verwerken.

Voor de kosten van het drinkwaterslib en externe opslag is uitgegaan van gemiddelde prijzen 2016. De kosten van opslag op eigen terrein zijn geschat tussen de €3 en €5 per ton. Dit zijn kosten voor het plaatsen van (tijdelijke) damwanden en rijplaten. Voor de kosten van het aanbrengen met een zodenbemester is uitgegaan van €3 per m³. Dit komt overeen met €2,7 per ton (1 m³ drinkwaterslib weegt ca 1,1 ton). De kosten van de zode verwijdering zijn referentie bedragen zoals gehanteerd door Staatsbosbeheer (2015).

Gezien de veel lagere kosten komen ijzerkalkslibben eerder in aanmerking dan ijzerslibben. Daarnaast is het rechtstreeks leveren van het product op of zeer nabij de toepassingslocatie op het eerste oog financieel aantrekkelijker.

8.4 Vergelijking kosten alternatieven

De toediening van drinkwaterslib op fosfaatrijke gronden is een alternatieve maatregel voor het afgraven van de fosfaatrijke grond of het uitmijnen door langjarig maaien en verwijderen van het maaisel.

Chardon (2009) geeft verwijzingen naar een aantal bronnen voor de kosten van afgraven van grond in het kader van natuurontwikkeling. Deze worden door Oosterbaan et al. (2008) geschat op circa €15.000 per hectare wanneer de vrijgekomen grond (afgegraven tot een diepte van 50 cm) op 1 km afstand kan worden geplaatst, en op resp. €20.000 en €25.000 bij plaatsen op 2 en 3 km afstand. Op basis van de door Bekker (2009) verzamelde gegevens voor 29 terreinen waar tussen 1989 en 2005 werd afgegraven, kunnen de kosten per hectare geschat worden op €16.000 (gewogen gemiddelde). De bandbreedte was €5.000 tot €40.000 per ha. De kosten liepen in deze periode op doordat de grond steeds moeilijker afzetbaar was. De ervaring van de betrokken natuurbeheerders in dit TKI project is dat de kosten voor het afgraven van zandgronden eerder tussen de €7.000 en €10.000 per ha liggen. Lokale aannemers zijn graag bereid om het afgegraven zand gratis op te halen of het wordt op eigen terrein toegepast. Voor niet zandgronden waar materiaal moet worden afgevoerd liggen de kosten wel veel hoger.

De kosten van uitmijnen zijn volgens NMI (2015) afhankelijk van de kwaliteit van het maaisel. Als het maaisel bruikbaar is als ruwvoer, zijn de kosten en baten redelijk in balans. Als het maaisel niet bruikbaar is als ruwvoer, kunnen de kosten oplopen tot circa €1.800 per ha per jaar. Er moet een aantal jaren achtereen bemest en gemaaid worden voor het gewenste effect.

Het uitmijnen met gras/klaver en kalibemesting koste volgens Timmermans (2010) in langjarige praktijkproeven in Brabant tussen de €50 en €800 per hectare per jaar met een gemiddelde van €260. Daarbij is de bovengrond gemiddeld schraal na 14 jaar. De totale kosten bedragen dan (niet geïndexeerd) €3.600 per ha. De ervaring van de natuurbeheerders in dit TKI project is dat de kosten 30-40% hoger zijn. Ook wordt de termijn van 14 jaar voor het verschrallen als kort beoordeeld.

Op basis van literatuur en praktijkervaringen kan uitgegaan van de volgende range voor de kosten van de verschillende opties:

	Range	Kanttekeningen
Drinkwaterslib	€ 1.500 - € 12.000	ijzerkalkslib € 1.500 - € 7.000
Drinkwaterslib + zode verwijdering	€ 6.000 - € 16.500	
Afgraven	€ 5.000 - € 40.000	zandgrond € 7.000 - € 10.000
Uitmijnen	€ 700 - € 5.000	praktijkervaring € 4.000 - € 5.000

8.5 Conclusie

De kosten van immobilisatie van fosfaat door toediening van drinkwaterslib zijn sterk afhankelijk van de keuze van het slib (ijzerslib of ijzerkalkslib), al dan niet gebruik van een tussenopslag en de noodzaak van zode verwijdering. In de meeste gevallen zal levering via een opslag noodzakelijk zijn om de benodigde hoeveelheid en gewenste specificatie te kunnen leveren.

De kosten van afgraven en uitmijnen zijn eveneens sterk situatieafhankelijk. De kosten van de inzet van ijzerkalkslib zonder zode verwijdering zijn op zandgrond lager dan de kosten van afgraven en in dezelfde orde grootte als uitmijnen. Daarmee is het een realistisch alternatief vanuit economisch perspectief.

9 Beantwoording onderzoeksvragen en stappenplan

Resultaten uit eerdere laboratorium experimenten hadden de fosfaatbindende werking van het ijzer in drinkwaterslib al aangetoond (Koopmans et al., 2010). Ook de bevindingen uit de kleinschalige pilot die in het kader van KWR's Bedrijfstakonderzoek in de Groote Heide was uitgevoerd, gaf aanleiding tot de herhaling van het onderzoek op grotere schaal. Behalve het monitoren van de effecten van drinkwaterslib op de bodemchemie, de vegetatie en springstaarten (als maat voor de bodemmesofauna), was het doel van dit onderzoek om ervaring op te doen met de logistieke kant en inzicht te krijgen in het marktpotentieel van deze toepassing. Op welke wijze kan het drinkwaterslib het best in de bodem worden ingebracht en is die manier afhankelijk van het bodemtype? Aan welke eisen t.a.v. chemische samenstelling moet het drinkwaterslib voldoen en hoe zit het met de regelgeving? Wat is het aanbod aan potentieel geschikt drinkwaterslib op jaarbasis en hoeveel hectares grond kan daarmee worden behandeld? Ook op dergelijke vragen beoogde dit onderzoek antwoorden te geven. In paragraaf 8.1 worden de antwoorden op deze onderzoeksvragen bijeengezet. Specifiek voor de afweging welke toepassingswijze van het drinkwaterslib in welke situatie geschikt is, is in paragraaf 8.2 een stappenplan (beslisboom) opgenomen. In paragraaf 8.3 tenslotte, worden enkele aanbevelingen gedaan voor mogelijke andere toepassingen van drinkwaterslib.

9.1 Beantwoording onderzoeksvragen

Heeft de toepassing van drinkwaterslib de beoogde effecten op de bodemchemie?

In alle proefgebieden leidde de toepassing van zowel ijzerslib als ijzerkalkslib direct tot de beoogde verlaging van de fosfaatbeschikbaarheid en -verzadigingsgraad. Deze effecten waren ook na 1 jaar, in 2016, nog waarneembaar. De looptijd van onze experimenten was echter te kort om gefundeerde uitspraken te kunnen doen over hoe lang deze effecten aanhouden.

Heeft de toepassing van drinkwaterslib de beoogde effecten op de vegetatie?

Geconstateerd moet worden dat duidelijke positieve effecten van de toepassing van drinkwaterslib op de vegetatie vooralsnog niet tot beperkt zichtbaar zijn. De chemische samenstelling van de vegetatie laat zien dat de planten fosfaat nog altijd in ruime mate kunnen opnemen. Streefwaarden voor de ontwikkeling van schrale natuurdoeltypen werden dan ook niet overal bereikt. De bodemchemie is wel geschikt voor de ontwikkeling van de wat nutriëntrijkere natuurdoeltypen.

Kan drinkwaterslib op elk bodemtype worden toegepast?

Het vloeibare drinkwaterslib kan het best op (droge) zandgronden worden toegepast. Op bodemtypen met een slechte doorlatendheid, zoals veengrond of zand met een hoog klei- of leemgehalte, infiltreert het slib (zeer) langzaam waardoor een eventuele nabewerking van de bodem niet op korte termijn mogelijk is. Het mengen van het drinkwaterslib door de bodem, bijvoorbeeld door frezen (hoewel dit niet in alle gevallen gewenst is omdat het de bodemstructuur aantast), is in deze gevallen niet of beperkt mogelijk.

Kan drinkwaterslib met constante dosis worden ingebracht?

Met de machine die gedurende dit onderzoek is ontwikkeld kan, ook wanneer de zode niet wordt verwijderd, drinkwaterslib met constante dosis worden ingebracht. Wel kan het noodzakelijk zijn om, indien de berekende benodigde dosis erg hoog is, het slib in meerdere keren op te brengen, eventueel met grotere tussenpozen.

In hoeverre is het nodig vooraf de toe te dienen dosis drinkwaterslib te berekenen?

Ons onderzoek beoogde, voorafgaand aan de toepassing, zo nauwkeurig mogelijk de toe te dienen dosis drinkwaterslib te berekenen. De verhouding tussen Fe en P in zowel de bodem als het toe te passen slib, in verhouding tot de streefwaarden voor fosfaatbeschikbaarheid, waren hierbij de bepalende factor. De veldsituatie liet echter zien dat de praktijk weerbarstiger is. De ruimtelijke en temporele heterogeniteit in fosfaatbeschikbaarheid in de bodem, in combinatie met verschillen in drogestofgehalten van drinkwaterslib van één en dezelfde winlocatie, maken het vrijwel onmogelijk om vlakdekkend de streefwaarden te behalen. Het is daarom aan te bevelen om deze behandeling in de tijd te herhalen en (natuurlijke) gradiënten in fosfaatbeschikbaarheid te accepteren.

Dient de zode voorafgaand aan de toepassing te worden verwijderd?

Hier is niet een eenduidig antwoord op mogelijk. Het verwijderen van de zode zorgt in combinatie met de toepassing van drinkwaterslib, voor een open bodem en goede omstandigheden voor kieming en vestiging van doelsoorten. Dit kan een reden zijn om de zode inderdaad te verwijderen. Een nadeel van het verwijderen én mogelijk moeten afzetten van de zode zijn de kosten die hiermee gemoeid zijn.

Hoe kan het drinkwaterslib het best met de bodem worden gemengd?

In de vier experimentele proefgebieden is het drinkwaterslib door frezen met de bovenste 20 cm van de bodem gemengd. Dit zorgde voor een goede menging, maar leidde ook tot versterking van de bodemstructuur. Met name op organische bodems (veengrond, of wanneer de zode niet vooraf is verwijderd) kan dit leiden tot een ongewenste verhoging van de stikstofmineralisatie en (tijdelijke?) toename van ruigtesoorten.

Heeft de toepassing van drinkwaterslib toxische effecten op de bodem en/of vegetatie?

Hoewel bekend is dat hoge concentraties ijzer mogelijk toxisch zijn voor verschillende plantensoorten en/of bodemmesofauna, zijn er bij de gebruikte concentraties in onze experimentele toepassingen geen ijzertoxiciteitseffecten op aanwezige plantensoorten geconstateerd. Hoewel er in De Scheeken effecten van ijzerslib op de samenstelling van springstaarten gemeenschappen geconstateerd werden, waren deze effecten relatief kleiner dan die door het verwijderen van de zode werden veroorzaakt. Duidelijke toxische effecten waren niet waarneembaar.

Zijn er negatieve bijeffecten van de toediening van zware metalen die ook in het drinkwaterslib zitten?

De eventuele aanwezigheid van zware metalen is een belangrijke factor bij de selectie van potentieel geschikt drinkwaterslib. Het mengen van de benodigde hoeveelheid drinkwaterslib met de bovenste bodemlaag, mag er niet toe leiden dat de gehalten aan zware metalen hoger worden dan de Achtergrondwaarden uit het besluit Bodemkwaliteit. Alleen die winningen waarvoor bovenstaande geldt, mogen voor deze toepassing geselecteerd worden (zie Bijlage tabel VII). Bovendien bindt het ijzer naast fosfaat, ook andere, in lage concentraties aanwezige, zware metalen, wat een positief effect heeft op de concentraties

zware metalen in de bodem. Op deze wijze kunnen negatieve effecten van zware metalen worden uitgesloten.

Welke wettelijke kaders gelden voor de toepassing van drinkwaterslib?

Dat zijn de Wet Bodembescherming en de Wet Natuurbescherming.

Mag drinkwaterslib op fosfaatrijke gronden worden toegepast?

Ijzerrijk drinkwaterslib heeft de status van bijproduct en kan worden toegepast als fosfaatbindingsproduct voor zover dat niet in strijd is met de zorgplicht bodem. Dat wil zeggen dat het gebruik geen bedreiging vormt voor de bodem.

Wie is bevoegd gezag bij de afweging van deze toepassing?

Het bevoegd gezag is in dit geval de gemeente of het waterschap. Indien drinkwaterslib in een natuurgebied wordt toegepast, dient ook de betreffende natuurbeheerder betrokken te worden en toestemming te verlenen.

Van welke winningen kan het drinkwaterslib worden gebruikt?

Een groot aantal productielocaties van de Nederlandse drinkwaterbedrijven levert potentieel geschikt ijzerrijk drinkwaterslib. Aangezien deze winningen verspreid over Nederland liggen is het theoretisch mogelijk om lokaal drinkwaterslib toe te passen (en zo transportkosten te beperken).

Hoeveel drinkwaterslib is op jaarbasis beschikbaar en welk oppervlak kan daarmee worden behandeld?

Jaarlijks komt ruim 65 duizend ton potentieel geschikt drinkwaterslib beschikbaar. Daarmee kan 65 tot 330 ha behandeld worden. Echter, dit volume is niet vrij beschikbaar want het grootste deel van de drinkwaterslibben heeft al een bestaande, veelal hoogwaardige, toepassing. Dit betekent dat in de huidige markt de toepassing voor natuurontwikkeling concurreert met andere afzetmogelijkheden.

9.2 Stappenplan toepassing drinkwaterslib

Het toepassen van drinkwaterslib op fosfaatrijke gronden is slechts één van de maatregelen die een terreinbeheerder tot zijn beschikking heeft voor de ontwikkeling van hogere natuurwaarden. In onderstaand beslisschema wordt aangegeven onder welke condities en randvoorwaarden de toepassing van drinkwaterslib een kansrijke maatregel is.

Overwegingen:

1) Bodemtype

Het succes van deze toepassing wordt in sterke mate bepaald door het bodemtype

- a. Droog zand → geen belemmeringen in opbrengen of mengen van slib met de bodem
- b. Lemig zand → geen belemmeringen in opbrengen of mengen van slib met de bodem.
- c. Zand/klei → opbrengen van slib leidt mogelijk tot moeilijk begaanbaar terrein omdat het slib niet snel de bodem indringt. Nabewerking is vermoedelijk niet op dezelfde dag mogelijk.
- d. Veem → toepassing van drinkwaterslib wordt vooralsnog op dit bodemtype niet geadviseerd omdat het slib zeer langzaam de bodem indringt en slecht met de bodem te mengen is.

- e. Klei → dit bodemtype hebben we niet onderzocht. Effecten op bodemchemie zijn niet bekend. Nader onderzoek is nodig. Hoge weerstand van de bodem kan, net als op veen, een knelpunt zijn.
- f. Overig → niet onderzocht, nader onderzoek is nodig. Hierboven genoemde bevindingen maken inschatting van toepassing vermoedelijk al wel mogelijk.

2) Fosfaatbeschikbaarheid

Het is belangrijk om vooraf kennis te hebben van de fosfaatbeschikbaarheid in relatie tot de streefwaarden voor schrale natuur ($P_w \leq 10$, $PSI \leq 0.1$), en te weten hoe het verloop met de diepte is.

Bij voldoende budget, EN indien afgraven geen problemen oplevert in de waterhuishouding door maaiveldverlaging, en er zijn geen archeologische waarden in het gebied aanwezig, dan is afgraven het meest effectief in het verlagen van de P-beschikbaarheid en het creëren van goede kiemings- en vestigingskansen voor doelsoorten. Is afgraven echter GEEN optie, en is:

- a. de fosfaatbeschikbaarheid tot op grote diepte (>50 cm diep) ruim hoger dan de streefwaarden:
→ combineer afgraven met de toepassing van drinkwaterslib. Door alleen de bovenste 20-30 cm af te graven en de rest met drinkwaterslib te behandelen wordt een kostenreductie gerealiseerd t.o.v. volledig afgraven van de bouwvoor.
- b. de fosfaatbeschikbaarheid met name in de zode (0-5 cm) hoog:
→ verwijder de P-rijke zode en meng drinkwaterslib met de bodemlaag eronder.
- c. de fosfaatbeschikbaarheid in de zode lager dan in de laag eronder (5-25 cm) → overweeg de zode te laten zitten en meng drinkwaterslib met de bovenste bodemlaag.

3) Gewenste termijn natuurontwikkeling

Op fosfaatrijke gronden duurt het in veel gevallen (heel) lang voordat de gewenste natuurontwikkeling via uitmijnen (met of zonder kaliumbemesting) tot stand komt. Deze termijn is vermoedelijk aanzienlijk korter in het geval van de toepassing van drinkwaterslib, hoewel nader onderzoek hiervoor nodig is. De looptijd van onze experimenten was te kort om hier onderbouwde uitspraken over te kunnen doen.

4) Doelvegetatie

De toepassing van drinkwaterslib leidt tot matig voedselrijke omstandigheden en niet tot hele schrale bodems. De te ontwikkelen (doel)vegetatie dient hiervoor geschikt te zijn. Te denken valt aan:

- a. N10 Vochtige schraalgraslanden (N10.01 Nat schraalland; N10.02 Vochtig hooiland (*in bijzonder Dotterbloemgrasland*),
- b. N11 Droge schaalgraslanden (N11.01 Droog schraalland),
- c. N12 Rijke graslanden en akkers (N12.01 Bloemdijk, N12.02 Kruiden- en faunarijke grasland, N12.03 Glanshaverhooiland, N12.05 Kruiden en faunarijke akker, N12.06 Ruigteveld),
- d. N14 Vochtige bossen (N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos (*in bijzonder Broekbos*)).

Als na het doorlopen van bovenstaande overwegingen de toepassing van drinkwaterslib als een potentieel geschikte maatregel wordt gezien, is het belangrijk om te bepalen op welke

wijze en op welk moment drinkwaterslib het best kan worden toegepast. Hiervoor hebben wij een stappenplan ontwikkeld (Figuur 9-2).

STAP1. Allereerst is de uitgangssituatie van belang. Betreft het een voormalige akker zonder zode, of een grasland? Op een akker is een zode afwezig, en kan drinkwaterslib met bijvoorbeeld een mestinjecteur in de bovenste 20 cm van de bodem worden ingebracht (toepassing A). Vervolgens kan middels frezen het slib goed met de bodem worden gemengd. Frezen heeft in deze situatie geen nadelige gevolgen voor de bodemopbouw, omdat grondbewerking op deze voormalige akker al veelvuldig zal zijn toegepast.

STAP 2. Is een grasland de uitgangssituatie, dan dient eerst beoordeeld te worden of de zode (bovenste 0-5 cm) verwijderd kan worden. Ons onderzoek heeft uitgewezen dat dit te adviseren is, maar er kunnen omstandigheden zijn waarbij zode verwijdering niet gewenst is. Factoren die een reden zijn om de zode niet te verwijderen, zijn bijvoorbeeld:

- de kosten van zode verwijdering zijn te hoog;
- maaiveld verlaging heeft nadelige effecten op de waterhuishouding;
- met de zode worden ook restpopulaties van doelsoorten verwijderd;
- zaden van doelsoorten zijn in zode aanwezig;

Als de zode kan worden verwijderd, kan het drinkwaterslib op twee manieren in de bodem worden ingebracht (Toepassing A of B).

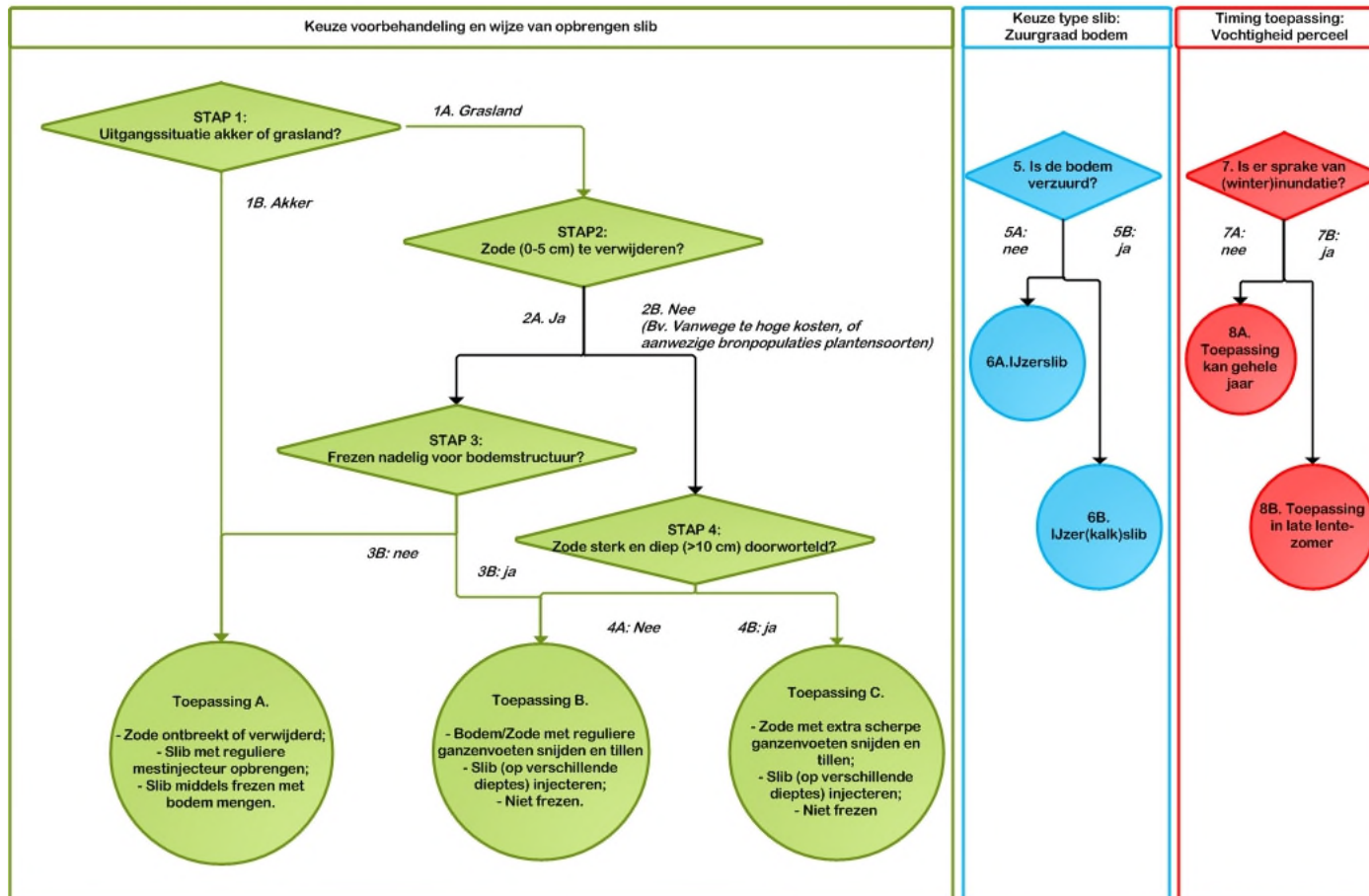
STAP3. Welke wijze het meest geschikt is, hangt af van de vraag of het slib middels frezen met de bovenste 20 cm van de bodem gemengd kan worden, of dat deze verstoring van de bodemstructuur ongewenst is. Is frezen geen probleem, dan kan gekozen worden voor de meest eenvoudige toepassingswijze A. In veel gevallen zal een verstoring van de bodemstructuur door frezen echter ongewenst zijn. In dat geval dient gekeken te worden naar de doorworteling van de zode.

STAP 4. Graslanden die pas kort uit agrarische productie genomen zijn, zullen in de regel een ondiepe doorworteling kennen (< 10 cm). Het doorsnijden van deze zode zal daardoor relatief gemakkelijk gaan en kan met reguliere "beitels of ganzenvoeten" (Figuur 9-1) worden uitgevoerd (Toepassing B). Indien het grasland reeds langere tijd uit productie is, zoals onze proeflocatie te Landgoed Mentink (zie hoofdstuk 4), zal de zode sterk en tot grotere diepte doorworteld zijn. In dat geval dient de zode door beitels of ganzenvoeten met extra messen (zie Figuur 9-1) te worden doorsneden (Toepassing C).



FIGUUR 9-1. REGULIERE GANZENVOET (LINKS) EN BEITEL MET EXTRA SNIJVLAK (RECHTS) VOOR HET DOORSNIJDEN EN OPTILLEN VAN DE ZODE. HET DRINKWATERSLIB WORDT VIA DE SLANGEN ACHTER DE GANZENVOET OF BEITEL ONDER DE ZODE INGEBRACHT.

Stappenplan toepassing drinkwaterslib



FIGUUR 9-2. STAPPENPLAN VOOR DE TOEPASSINGWIJZE (A, B OF C) VAN DRINKWATERSLIB. STAPPEN 1-4 LEIDEN TOT EEN AANBEVELING VOOR DE WIJZE VAN TOEPASSEN. STAPPEN 5 EN 7 ADVISEREN RESPECTIEVELIJK OVER TYPE SLIB EN MOMENT VAN TOEPASSEN

9.3 Aanbevelingen

Dit project richt zich op de toepassing van drinkwaterslib in P-rijke natuurgebieden en/of op voormalige landbouwronden. Alternatieve toepassingen zijn wellicht ook kansrijk en worden momenteel ook onderzocht. Zo wordt als onderdeel van het OBN project *Invloed van waterdynamiek en nutriëntenbeschikbaarheid op vegetatie en fauna t.b.v. ontwikkeling van broekbossen in beekdalen* (OBN 2015-71-BE) een experiment uitgevoerd met de toepassing van ijzerslib waarmee herstel beoogd wordt van broekbossen op voormalige landbouwgronden in beekdalen. Daarnaast wordt, in opdracht van Brabant Water, onderzoek verricht naar de toepassing van een ander type drinkwaterslib, kalkslib (met een heel laag ijzergehalte), voor herstel van droge heide in de Stiphoutse bossen.

Andere toepassingen die interessant zijn om onderzocht te worden, zijn:

- Toepassing van drinkwaterslib op (snel)wegbermen om zo biomassaproductie te verminderen en kosten van maaibeheer te verlagen;
- Toepassing van drinkwaterslib op oevers van watergangen om zo uitspoeling van P uit geschoond materiaal te verminderen.

10 Literatuurlijst

- Agyin-Birikorang, S., G.A. O'Connor & T.A. Obreza, 2013. Drinking Water Treatment Residuals to Control Phosphorus in Soils. Document SL 300, Soil and Water Science Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Bekker, R.M., 2009. 20 jaar ontgronden voor natuur op zandgronden. De Levende Natuur (vol. 110), nr. 1.
- Berg, M. P., J. Noordijk, A. Schakel & M. Bongers 2001. De springstaart *Isotomurus maculatus* nieuw voor de fauna van Nederland (Insecta: *Collembola*). Nederlandse Faunistische Mededelingen v5:79-85.
- Berg, M. P., M. Stoffer & H. H. van den Heuvel 2004. Feeding guilds in *Collembola* based on digestive enzymes. *Pedobiologia* 48:589-601.
- Borggaard, O.K. (1983). The influence of iron oxides on phosphate adsorption by soil. *Journal of Soil Science* 34: 333-341.
- Chardon, W.J. 1994. Relationship between phosphorus availability and phosphorus saturation index. Report 19, Inst. voor Agrobiol. en Bodemvruchtbaarheidsond., Haren. <http://edepot.wur.nl/251874>
- Chardon, W.J., 2009. Mogelijkheden voor immobiliseren van bodemfosfaat in het kader van natuurontwikkeling. Rapport 1870, Alterra Wageningen. <http://edepot.wur.nl/10521>
- Dorland, E., Yuki Fujita, Wim Chardon, Bert Jan Groenenberg, Esther Lucassen, Fons Smolders, Aalke de Jong, 2016. Ijzerslib als alternatief voor afgraven – Natuurontwikkeling door fosfaat-immobilisatie. BTO 2015.078.
- Eisenhauer, N., A. C. W. Sabais, F. Schonert & S. Scheu 2010. Soil arthropods beneficially rather than detrimentally impact plant performance in experimental grassland systems of different diversity. *Soil Biology & Biochemistry* 42:v4v8-v424.
- Freese, D., S.E.A T.M. van der Zee & W.H. van Riemsdijk (1992). Comparison of different models for phosphate sorption as a function of the iron and aluminium oxides of soils. *Journal of Soil Science* 43: 729-738.
- Gisin, H. 1943. Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. *Revue Suisse De Zoologie* 50:v3v-224.
- Hopkin, S. P. 2007. A Key to the Springtails (*Collembola*) of Britain and Ireland. Field Studies Council (AIDGAP Project).
- Hopkin, S. P. 1997. Biology of the springtails (Insecta: *Collembola*). Oxford University Press, New York.
- Irmeler, U. 2004. Long-term fluctuation of the soil fauna (*Collembola* and Oribatida) at groundwater-near sites in an alder wood. *Pedobiologia* 48: 349-363.
- Janssen, M. P. M. & R. F. Hogervorst 1993. Metal accumulation in soil arthropods in relation to micro-nutrients. *Environmental Pollution* 79:v8v-v89.
- Koopmans, G.F, Chardon, W.J. en Groenenberg, J.E, 2010. Karakterisatie van ijzerslib en – zand en een verkenning van de mogelijkheden van het gebruik van deze reststoffen om fosfaatverliezen vanuit landbouwgronden naar het oppervlaktewater te verminderen. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2047.
- Leps, J. & P. Smilauer 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge.
- Makris, K.C., W.G. Harris, G.A. O'Connor & H. El-Shall (2005). Long-term phosphorus effects on evolving physicochemical properties of iron and aluminum hydroxides. *Journal of Colloid and Interface Science* 287: 552-560.
- Ministerie van Economische Zaken, 2012. Groot Project Ecologische Hoofdstructuur. Zesde voortgangsrapportage.
- NMI, 2015. Fosfaatuitmijning voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond in Drenthe - Eindrapport 2010-2014 - Deelresultaat 6 & 7, Rapport 1390.N.10-VI.
- Nottrot, F., E. N. G. Joosse & N. M. van Straalen 1987. Sublethal effects of iron and manganese soil pollution on *Orchesella cincta* (*Collembola*). *Pedobiologia* 30:45-53.
- Oosterbaan, A., J.J. de Jong & A.T. Kuiters, 2008. Verlanden op voormalige landbouwgrond op droge zand-gronden. Rapport 1669, Alterra Wageningen Natuur 110: 9-15.
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens & H. Wagner. 2015. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-0.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing versie 3.2.0.

- Runhaar, H., E. Lucassen, R. Verdonschot, 2016. Ontwikkeling Broekbossen. Tussenrapportage november 2016. OBN 2015-71-BE.
- Sherwood, L.J. & Qualls, R.G. (2001). Stability of phosphorus within a wetland soil following ferric chloride treatment to control eutrophication. *Environmental Science & Technology* 35: 4126-4131.
- Staatsbosbeheer, Standaardkostprijs directe werkzaamheden Terreinbeheer voor gezamenlijke TBO's, 28 mei 2015.
- Timmermans, B. et al, 2010. Fosfaat uitmijnen op natuurpercelen met gras/klaver en kalibemesting - Hand-reiking voor de praktijk, Louis Bolk Instituut.
- van Straalen, N. M. & P. C. Rijninks 1982. The efficiency of tullgren apparatus with respect to interpreting seasonal-changes in age structure of soil arthropod populations. *Pedobiologia* 24:197-209.
- Weng, L., W.H. Van Riemsdijk & T. Hiemstra (2012). Factors Controlling Phosphate Interaction with Iron Oxides. *Journal of Environmental Quality* 41: 628-635.

11 Bijlagen

Deze bijlagen bevatten de volgende tabellen:

- I. Concentraties zware metalen Groote Heide in 2015
- II. Vegetatie-opnamen Groote Heide, Onnerpolder, Bloemkampen en De Scheeken
- III. Chemische samenstelling drinkwaterslibben Onnerpolder, Bloemkampen en De Scheeken
- IV. Beschrijving chemische analyse methode vegetatie
- V. Chemische samenstelling ijzerslib Eibergen
- VI. Overzicht bemonsterde springstaarten
- VII. Overzicht geschikte slibben

Disclaimer:

De gegevens in deze bijlagen zijn niet opgenomen in dit openbare rapport. Bij interesse in de gegevens van één of meerdere bijlagen kunt u een verzoek sturen naar:

edu.dorland@kwrwater.nl.

Veiligheidsinformatieblad Waterijzer

Een veiligheidsinformatieblad is niet vereist voor deze stof volgens Verordening (EG) 1907/2006. Dit blad is opgesteld op vrijwillige basis.

Datum: 21-11-2017; **Versie nummer:** 2

1 Identificatie van de stof en van de producent

1.1 Productidentificatie

IJzer(III)oxide hydraat

Handelsnaam:	Waterijzer, ijzerslib
Synoniemen:	ijzeroxide hydroxide, ijzer(III)hydroxide
EC nummer:	215-168-2
CAS nummer:	1309-37-1
REACH-registratie nummers:	01-2119457614-35-xxxx Volledige registratienummers van individuele producenten zijn beschikbaar op www.aquaminerals.com
Herkomst stof:	De stof ontstaat bij de bereiding van drinkwater uit ijzerhoudend grondwater, dan wel bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater

1.2 Relevant geïdentificeerd gebruik van de stof of het mengsel en ontraden gebruik

Defosfatering en stankbestrijding bij afvalwaterbehandeling, ontzwaveling bij biogasproductie, ontzwaveling bij vergisting van huisvuil en compost, grondstof voor ijzeradsorptiepellets, grondstof voor coagulant, grondstof in de baksteenindustrie, bouwstof in werken.

Er zijn geen toepassingen vastgesteld die worden ontraden.

1.3 Details verstrekker van het veiligheidsinformatieblad

AquaMinerals B.V.

Groningenhaven 7

3433 PE Nieuwegein

Telefoon: 030 - 60 69 721

E-mail: info@aquaminerals.com

1.4 Telefoonnummer voor noodgevallen

Nationaal Vergiftigings Informatie Centrum.

Telefoon: +31 (0) 30 274 88 88 Uitsluitend bestemd om professionele hulpverleners te informeren bij acute vergiftigingen. Openingstijden: 24h

2 Gevaren

2.1 Indeling van de stof of het mengsel

De stof is niet geclassificeerd als gevaarlijk volgens de Verordening (EU) 1272/2008 (CLP).

2.2 Etiketteringselementen

Geen etiket en geen gevarenaanduidingen (R-of H-zinnen) vereist volgens de Verordening (EG) Nr. 1272/2008.

2.3 Andere gevaren

Geen bijzonderheden.

3 Samenstelling en informatie over de bestanddelen

3.1 Stoffen

Samenstelling (gewichtsperscentage op basis van droge stof):

Productnaam	CAS nummer	EC nummer	% w/w droge stof
IJzer(III)oxide hydraat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	1309-37-1	215-168-2	<80 – 99,9

Aanvullende informatie over de samenstelling (% w/w droge stof):

Inert (SiO_2)	<0,1 - 10
Ca	<0,1 - 5
Mn	<0,1 - 4
P	<0,1 - 4
Mg	<0,1 - 0,5
Al	<0,1 - 0,3
Droge stof gehalte vloeibaar waterijzer	8 - 12
Droge stof gehalte steekvast waterijzer	30 - 40

4 Eerstehulpmaatregelen

4.1 Beschrijving van de eerstehulpmaatregelen

Bij normaal gebruik niet van toepassing.

Na inademen: N.v.t.

Na huidcontact: N.v.t.

Na oogcontact: Spoelen met water; arts raadplegen

Na inslikken: Bij zeer grote hoeveelheden arts raadplegen.

4.2 Vermelding van de vereiste onmiddellijke medische verzorging en speciale behandeling

Geen

5 Brandbestrijdingsmaatregelen

5.1 Blusmiddelen

Alle gangbare blusmiddelen kunnen toegepast worden.

5.2 Speciale gevaren die door de stof of het mengsel worden veroorzaakt

Geen, waterijzer is onbrandbaar.

5.3 Advies voor brandweerlieden

Geen bijzonderheden.

6 Maatregelen bij het accidenteel vrijkomen van de stof

6.1 Persoonlijke voorzorgsmaatregelen, beschermingsmiddelen en noodprocedures

Geen.

6.2 Milieuvorzorgsmaatregelen

Geen.

6.3 Insluitings- en reinigingsmethoden en -materiaal

Wegspoelen met water.

7 Hantering en opslag

7.1 Voorzorgsmaatregelen voor het veilig hanteren van de stof of het mengsel

Geen bijzonderheden.

7.2 Voorwaarden voor een veilige opslag, met inbegrip van incompatibele producten

Grootschalige opslag bij voorkeur in bunker/silo's of depotvorming met behulp van keerwanden.

8 Maatregelen ter beheersing van blootstelling/ persoonlijke bescherming

8.1 Controleparameters

Er zijn geen grenswaarden voor ijzer(III)oxide hydraat. Bij het drogen en vervolgens bewerken van waterijzer zijn grenswaarden voor hinderlijk en schadelijk stof te betrachten. In Nederland zijn er geen nationale (publieke) grenswaarden voor respirabel/inhaleerbaar hinderlijk stof. In België geldt een grenswaarde van 10 mg/m³.

8.2 Maatregelen ter beheersing van blootstelling

Bij het verwerken van gedroogd waterijzer maatregelen treffen tegen de blootstelling aan stof. Verwerk zoveel mogelijk in afgedichte installaties en/of zorg voor voldoende ventilatie om de stofbelasting onder de aanbevolen grenzen op de werkplek te houden. Anders een geschikte veiligheidsuitrusting dragen.

Oogbescherming:	Veiligheidsbril met zijschermen bij stofvorming
Ademhalingsbescherming:	Stofmasker bij stofvorming
Huidbescherming:	Geen
Handbescherming:	Handschoenen aanbevolen

9 Fysische en chemische eigenschappen

Fysische toestand:	Steekvast of waterige suspensie
Kleur:	Geel tot roodbruin
Geur:	Neutraal
pH (opgelost):	7-8 bij 25 °C
Smeltpunt	1.556 °C
Kookpunt	Smelt boven 300 °C

Vlampunt:	N.v.t. (anorganische stof)
Verdampingssnelheid	N.v.t.
Ontvlambaarheid:	Niet brandbaar
Zelfontbrandingstemperatuur:	> 400°C
Oxiderende eigenschappen:	Geen op basis chemische structuur
Ontploffingseigenschappen:	Niet ontplofbaar
Dampspanning en dampdichtheid:	N.v.t. op basis smeltpunt
Relatieve dichtheid:	droge stof: 5.25 gr/cm ³ product: 1,05 - 1,20 gr/cm ³ (afhankelijk gehalte aan droge stof)
Oplosbaarheid water:	< 1 µg/l Fe bij 20°C
Verdelingscoëfficiënt n-octanol/water:	N.v.t (anorganische stof)
Ontledingstemperatuur	N.v.t (anorganische stof)
Viscositeit:	N.v.t. (vast)

10 Stabiliteit en reactiviteit

10.1 Reactiviteit

Geen bijzonderheden.

10.2 Chemische stabiliteit

De stof is stabiel.

10.3 Mogelijke gevaarlijke reacties

Geen bijzonderheden.

10.4 Te vermijden omstandigheden

Geen bijzonderheden.

10.5 Chemisch op elkaar inwerkende materialen

Geen bijzonderheden.

11 Toxicologische informatie

Er zijn geen aanwijzingen voor acute of chronische toxiciteit.

Acute toxiciteit:	Niet waargenomen in studies.
Huidcorrosie/-irritatie:	Niet waargenomen in studies.
Ernstig oogletsel/ oogirritatie:	Niet waargenomen in studies.
Sensibilisatie van de luchtwegen/de huid:	Niet waargenomen in studies.
Mutageniteit in geslachtscellen:	Niet waargenomen in studies.
Carcinogeniteit:	Niet waargenomen in studies.
Giftigheid voor de voortplanting:	Onvoldoende data.
STOT bij eenmalige blootstelling:	Niet waargenomen in studies.
STOT bij herhaalde blootstelling:	Niet waargenomen in studies.

12 Ecologische informatie

12.1 Toxiciteit

Niet waargenomen in studies.

12.2 Persistentie en afbreekbaarheid

N.v.t. voor anorganische stoffen.

12.3 Bioaccumulatie

N.v.t. voor anorganische stoffen.

12.4 Mobiliteit in de bodem

N.v.t.

12.5 Resultaten of PBT and vPvB assessment

De stof is niet beoordeeld als PBT of vPvP.

13 Instructies voor verwijdering

Verwijdering volgens nationale regelgeving voor niet-gevaarlijke, niet-brandbare stoffen.

14 Informatie m.b.t. vervoer

Vervoeren volgens nationale, Europese (EU) en internationale (OECD, ADR, IMDG, IATA) regelgeving voor niet-gevaarlijke stoffen.

15 Regelgeving

Voor deze stof is een chemische veiligheidsbeoordeling uitgevoerd.

16 Overige informatie

Dit is versie 2. Wijzigingen: nieuwe lay-out, naamswijziging Reststoffenunie naar AquaMinerals, ontbrekende rubrieken toegevoegd, uitbreiding gebruik.

Disclaimer

Bovenstaande gegevens beschrijven de veiligheidsinformatie voor het product waterijzer. Alle gegevens zijn gebaseerd op de huidige kennis. De informatie is bedoeld als richtlijn voor het veilig omgaan met dit product evenals opslag, verwerking, transport en verwijdering ervan. Het is niet toegestaan de informatie te wijzigen of de informatie te gebruiken voor andere producten. Bij mengen, malen en/of verwerken van waterijzer met andere producten is de informatie mogelijk niet meer in zijn geheel van toepassing op het nieuwe materiaal. Het is de eigen verantwoordelijkheid van de gebruiker de nodige voorzorgsmaatregelen te treffen alsmede er zorg voor te dragen dat de informatie compleet en toereikend is voor veilig gebruik van dit product.



Fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater beperken

Uitwerking maatregelen voor drie percelen in Losser

D. van Rotterdam

R. Postma

© 2023 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Mevr. Hissink, provincie Overijssel

digitaal

Inhoudsopgave

1	Aanleiding en beschrijving situatie	2
1.1	Vochtige Alluviale bossen, Snoeyinksbeek en nutriënten	2
1.2	Nutriëntenbronnen	3
1.3	Maatregelen	3
1.4	Uitwerking maatregelen provincie Overijssel en dhr. Snippert	4
1.5	Doelstelling opdracht NMI	5
2	Uitgangspunten maatregelen	6
2.1	Fosfaat verliezen naar het oppervlaktewater	6
2.2	Streefwaarde fosfaattoestand van de bodem	7
2.3	Verlagen fosfaattoestand van de bodem door uitmijnen	9
2.4	Definitie landbouwgrond	9
2.5	Alternatieve maatregel	10
3	Percelen en uitwerking maatregelen	12
3.1	Beschrijving 3 percelen	12
3.2	Maatregelen per perceel	14
	Literatuurlijst	19

1 Aanleiding en beschrijving situatie

De provincie Overijssel heeft de opgave om in het Natura 2000-gebied Landgoederen Oldenzaal onder andere het habitatype vochtig alluviaal bos (beekbegeleidend bos) langs de Snoeyinksbeek te beschermen. Hiervoor moeten de risico's die de ontwikkeling en instandhouding van dit doel in de weg staan worden verwijderd. Van drie percelen van dhr. Snippert te Losser, die buiten het N2000-gebied liggen, is bepaald dat deze een verhoogd risico geven op verliezen van fosfor (P) naar de Liesketbeek. Dit is een zijloop van de Snoeyinksbeek waar het N2000 habitatype vochtig alluviaal bos langs ligt. Achtergronden, doelen en de uitwerking van maatregelen staan beschreven in het Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal 6 mei 2019, Stroomgebiedsrapportage Snoeyinksbeek bovenloop 8 november 2018, Natura 2000 beheerplan Landgoederen Oldenzaal 2016. Hieronder volgt een samenvatting van het beekbegeleidend bos langs de Snoeyinksbeek in relatie tot de drie percelen die in voorliggend onderzoek nader zijn onderzocht.

1.1 Vochtige Alluviale bossen, Snoeyinksbeek en nutriënten

Wat betreft voedselrijkdom zijn licht tot matig voedselrijke omstandigheden de optimale abiotische randvoorwaarden voor het habitatype Vochtige Alluviale bossen (Profielbeschrijvingen habitatype 91E0). Dit is door Alterra (De Waal en Hommel, 2017) nader onderbouwd tot een matige invloed van vermessing op dit habitatype (Stroomgebiedsrapportage, Snoeyinksbeek bovenloop, 2018).

Naast dat het gebied om de Snoeyinksbeek N2000 is, is de Snoeyinksbeek ook een KRW-waterlichaam. KRW stuurt op herstel en behoud van een goede ecologische waterkwaliteit. Nutriënten zijn hierin ondersteunend. Voor de Snoeyinksbeek worden de ecologisch doelen niet gehaald omdat de beek in de zomer droog valt. Desalniettemin worden nutriëntennormen gehanteerd voor fosfor van 0,1 mg/L P-totaal en voor stikstof van 2,3 mg/L N-totaal. De waterkwaliteitsgegevens (1995 – 2015) tonen aan dat de KRW-normen voor stikstof en fosfor in het stroomgebied van de Snoeyinksbeek niet gehaald worden (Stroomgebiedsrapportage, Snoeyinksbeek bovenloop, 2018).

In 2016 zijn in zijlopen van de Snoeyinksbeek aanvullende analyses gedaan van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. De N-totaal en P-totaal concentraties in de Liesketbeek (4 meetpunten in 2016) zijn van dezelfde ordegrootte als van de eerdere metingen in de Snoeyinksbeek. P-totaal is gemiddeld voor de 4 metingen in de Liesketbeek 0,36 mg/L.

Op basis van expert judgement is ingeschat dat deze hoge nutriëntenconcentraties van stikstof en fosfor een bedreiging vormen voor de instandhouding van de aanwezige Vochtige alluviale bossen. Dit geldt met name als deze bossen worden geïnundeerd met nutriëntenrijk oppervlaktewater uit de Snoeyinksbeek. Fosfor wordt als groter knelpunt ervaren dan stikstof.

In de bovenloop van de Snoeyinksbeek is de verspreiding van de ruigtesoorten grote brandnetel en gewone braam groot en plaatselijk is er sprake van dominantie. Deze soorten gedijen onder met name stikstofrijke situaties. Dit lijkt daarom een effect van externe eutrofiëring. Het is niet altijd duidelijk of deze kenmerken doorslaggevend zijn voor het succesvol instandhouden van het habitat of dat het systeemkenmerken betreft (van nature voorkomende ruigtes).

1.2 Nutriëntenbronnen

Op basis van de conclusie dat met name de fosfor (P) concentratie in het oppervlaktewater een risico zou kunnen vormen voor het Vochtig alluviaal bos langs de Snoeyinksbeek is nagegaan welke bovenstrooms gelegen percelen een verhoogd risico geven op P-emissies naar het oppervlaktewater. Hier is de bemestingsmaatregelenwijzer (Groenendijk et al, 2016) voor gebruikt.

Uit deze analyse kwamen drie percelen van dhr. Snippert naar voren (Figuur 1, perceelnr 5823, 6990, 6771). De percelen, samen 5 ha, zijn in gebruik voor continu maïs. De rest van de percelen van het melkveebedrijf van dhr. Snippert zijn in gebruik als grasland. Van de graspercelen is het risico van P-emissies naar het watersysteem als laag beoordeeld.



Figuur 1. Ligging van de percelen van dhr. Snippert (drie oranje gekleurde percelen) ten noorden van Losser en percelen waarvan mogelijk de vervangende bouwvoor kan worden betrokken.

1.3 Maatregelen

In de studie 'Uitwerking stroomgebied Snoeyinksbeek bovenloop, 2018' (Bijlage 4, Inrichtingsplan Oldenzaal 2019) zijn maatregelen voorgesteld die passend zijn bij de knelpunten. Voor herstel en behoud van het beekbegeleidend bos langs de Snoeyinksbeek wordt onderbouwd dat herstel van de hydrologie belangrijk is. Voor herstel en behoud is het gefaseerd verondiepen van de Snoeyinksbeek een belangrijke maatregel zodat het bos periodiek kan inunderen. Door de aanwezigheid van keileem is er geen/ beperkte aanvoer van diepere watervoerende pakketten. De Snoeyinksbeek wordt geheel gevoed door regenwater en ondiepe stroombanen uit de directe omgeving en door de wateraanvoer via zijlopen van de beek.

Naast deze hydrologische maatregel moeten ook maatregelen worden getroffen die aansluiten bij het Knelpunt 'Externe eutrofiëring door toestroming nutriëntenrijk grond- en oppervlaktewater door bemesting intrekgebied binnen en buiten Natura 2000-gebied (K6)'. Deze worden nodig geacht op basis van de waterkwaliteitsgegevens, de bemestingswijzer en het onderzoek naar eutrofiëring. Voorgestelde maatregelen zijn afhankelijk van de ligging en topografie van een perceel:

- Aanleg randdam met infiltratiegreppel

- Bufferstroken van 10 meter langs watergangen
- Permanent grasland
- Scheurverbod
- Uitrijden van mest beperkt tot de periode tussen 1 april en 1 september
- Geen bemesting binnen retentiegebied

De inhoudelijke onderbouwing in het inrichtingsplan dat de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van de Snoeyinksbeek beperkend zijn voor de ontwikkeling en behoud van het beekbegeleidend bos zijn grotendeels gebaseerd op 'expert judgement'. Een relatie tussen fosfor concentraties in het oppervlaktewater en de abiotische randvoorwaarden van het beekbegeleidend bos wordt niet expliciet gelegd in het inrichtingsplan. Dit is ook lastig omdat de bindingscapaciteit van de bodem bepalend is voor de daadwerkelijke beschikbaarheid van het fosfor voor de vegetatie dat met het inundatiewater wordt aangevoerd. De bindingscapaciteit van de bodem wordt bepaald door de aanwezigheid van ijzer- en aluminium (hydr-)oxiden in de bodem. Er zijn daarom geen grenswaarden voor stikstof of fosfor in het oppervlaktewater in relatie tot beekbegeleidend bos. Om die reden wordt teruggevallen op normen die worden gehanteerd voor KRW in de Snoeyinksbeek van 0,1mg P/L. KRW heeft tot doel ecologisch herstel (flora en fauna) van de waterkwaliteit. Nutriënten zijn geen KRW-doel maar zijn ondersteunend aan de ecologie. Dat het ecologische KRW-doel in de Snoeyinksbeek niet wordt gehaald komt doordat de beek droogvalt in de zomer. Desalniettemin worden de nutriëtnormen uit de KRW aangehouden als opgave en wordt ingezet op het verlagen van de aanvoer van nutriënten uit het omliggende gebied dat direct of indirect afwatert op de Snoeyinksbeek.

Door gebruik te maken van de bemestingsmaatregelenwijzer is bepaald dat drie percelen met continue maïs van dhr. Snippert die afwateren op een zijloop van de Snoeyinksbeek een risico vormen voor de P-belasting van het beekbegeleidend bos. De bemestingsmaatregelenwijzer kan als handreiking worden gebruikt om richting te geven aan relatieve risico's en om maatwerk maatregelen af te leiden.

1.4 Uitwerking maatregelen provincie Overijssel en dhr. Snippert

In 2019 is het provinciaal inrichtingsplan (Pip) definitief vastgesteld door Provinciale Staten van Overijssel. Dhr. Snippert heeft beroep aangetekend. Op 30 juni 2021 is dhr. Snippert door de Raad van State in het gelijk gesteld omdat hem onvoldoende perspectief is geboden door de provincie. Inhoudelijk hebben de maatregelen wel stand gehouden. De beoogde maatregelen waren:

1. Maïspercelen worden omgezet in permanent grasland, inclusief scheurverbod
2. Periode van mest uitrijden beperkt tot de periode van 1 april tot 1 september
3. Geen drainage
4. Bemestingsvrije zone tot 10 meter breed langs beek met de aanleg van een randdam. Op de bemestingsvrije zone dient wel gemaaid en afgevoerd te worden.
5. Sterk verlagen van de fosfaattoestand van de bodem door uitmijnen. Hierbij mag geen dierlijke mest op de percelen worden geplaatst en moet fosfaatonttrekking worden bevorderd door toedienen van stikstof en kalium in de vorm van minerale meststoffen en het gewas maximaal te maaien en af te voeren. De doelstelling hierbij is om de beschikbare fosfaat bodemvoorraad te verlagen tot P-AL =< 25 mg P₂O₅/100g.

De reactie van dhr. Snippert is dat de eerste vier maatregelen goed zijn uit te voeren. De maatregel uitmijnen zou echter ingrijpende gevolgen hebben voor zijn bedrijfsvoering waarbij hij de percelen, plus de daarbij horende mestplaatsingsruimte, 12 jaar kwijt zou zijn.

De adviseur van dhr. Snippert heeft een alternatief voor uitmijnen voorgesteld waarbij de bouwvoor van de percelen wordt afgegraven en vervangen door een andere bouwvoor met een lagere P-toestand. De

gedachte hierachter is dat dit zou moeten leiden tot een laag risico van P-emissie en de bedrijfsvoering kan worden voortgezet met alleen bovenstaande vier restricties. Mondeling zijn de provincie Overijssel en dhr. Snippert overeengekomen (april 2022) dat de eerste vier maatregelen worden uitgevoerd en dat de maatregel uitmijnen wordt vervangen door afgraven en vervangen bouwvoor.

1.5 Doelstelling opdracht NMI

Provincie Overijssel heeft Nutriënten Management Instituut (NMI) gevraagd om een advies te geven over het verlagen van de fosfaattoestand van de bodem van drie landbouwpercelen om de negatieve impact op het nabijgelegen habitatype vochtig alluviaal bos (beekbegeleidend bos) langs de Snoeyinksbeek te voorkomen. De gekozen oplossingsrichting is om in meer of mindere mate de bodem af te graven en deze in meer of mindere mate opnieuw aan te vullen. De vraag die nu voorligt is om perceelsspecifiek aan te geven tot welke diepte grond moet worden afgegraven en hoeveel moet worden opgebracht en aan welke eisen een vervangende grond moet voldoen? Deze oplossingsrichting zal in samenspraak met de provincie Overijssel, dhr. Snippert en zijn adviseur van ForFarmers concreet worden uitgewerkt.

Naar aanleiding van een overleg tussen provincie Overijssel, dhr Snippert, zijn adviseurs van ForFarmers en NMI op 2 juni 2023 wordt naast deze oplossingsrichting ook nagegaan wat de knelpunten en kansen zijn voor uitmijnen. Daarnaast is een alternatieve methode voorgesteld waarmee ijzeroxideslib wordt opgebracht in plaats van bodem.

2 Uitgangspunten maatregelen

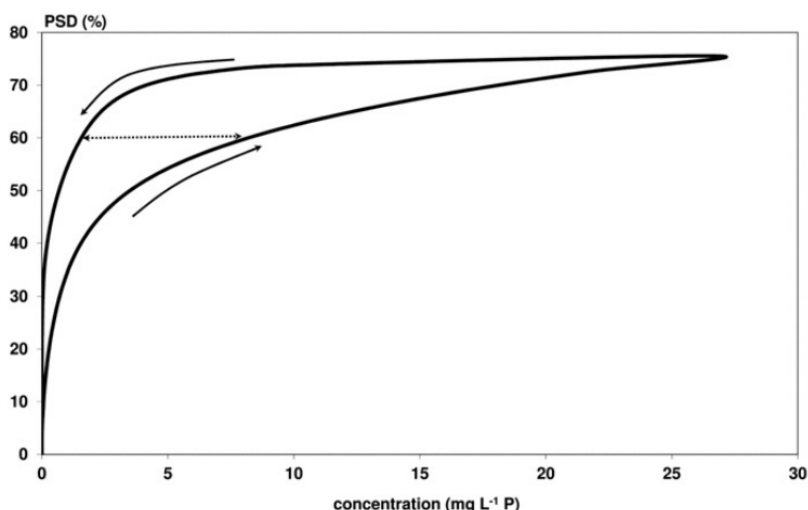
2.1 Fosfaat verliezen naar het oppervlaktewater

Het risico van P-emissie uit landbouwpercelen naar een aangrenzende beek kan nader worden gespecificeerd door drie processen:

1. Het risico op directe verliezen uit mestgiften door onjuiste timing, dosis, omstandigheden en plaatsing van de mestgift
2. Het risico op oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling door een combinatie van een hoge fosfaatbeschikbaarheid in de bodem en korte transportroutes naar de beek, dat wordt versterkt door ondoorlatende bodemlaag (ondiep keileem) een relatieve steile helling, lage fosfaat bindingscapaciteit van de bodem, zwart liggen perceel; en
3. Het risico op erosie van met P verrijkte bodemdeeltjes door afkalvende oevers, steile hellingen, intensieve grondbewerking en zwart liggen van de grond.

De beoogde maatregelen voor de drie percelen van dhr. Snippert grijpen in op al de drie bovenbeschreven processen. Voor de drie percelen van dhr. Snippert is met name het risico op oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling van belang (proces 2). De percelen hebben een fosfaattoestand die landbouwkundig wordt geclassificeerd als ruim tot hoog, liggen op een helling richting de beek en hebben ondiepe keileem waardoor water en opgelost fosfaat snel oppervlakkig kan afspoelen en ondiep kan uitspoelen naar de aangrenzende beek. Voor deze percelen zijn bemestingsvrije bufferstroken en randdam, in combinatie met maaien en afvoeren van de vegetatie en het omzetten naar permanent grasland de meest effectieve maatregelen om de nutriëntenbelasting van de Liesketbeek te beperken. Deze maatregelen grijpen effectief in op het beperken van afspoeling en uitspoeling (proces 2) en erosie (proces 3). Door de uitrijperiode van mest te beperken tot de periode met een neerslagtekort (in een normaal jaar) wordt ook het risico op directe verliezen uit mestgiften (proces 1) sterk verkleind. Het omzetten van maïs naar permanent grasland verlaagt het risico op een verhoogde P-emissie uit de percelen omdat permanent graspercelen niet worden gescheurd, jaarrond groen zijn en een hogere P-onttrekking hebben dan maïs. Dit zorgt voor een betere sponswerking en water- en nutriëntenhuishouding in de bodem. Aanvullend mogen deze percelen niet zijn gedraineerd om versnelde afvoer van water en nutriënten te voorkomen.

In aanvulling op deze maatregelen is in eerste instantie Uitmijnen als maatregel opgenomen om ook de risico's van verliezen uit actuele mestgift (1) en afspoeling en uitspoeling (2) naar de Liesketbeek te beperken. In de meest intensieve vorm van Uitmijnen wordt geen P-bemesting toegepast maar wordt met N en K aanvoer via meststoffen de gewasproductie gestimuleerd. Door intensief maaien en afvoeren wordt daarmee ook P afgevoerd. Het voordeel van uitmijnen is dat vooral de directe P-beschikbaarheid in de bodem sterk daalt, waardoor het risico van uit- en afspoeling van P ook snel daalt. Bij de opbouw van de fosfaattoestand stijgt de concentratie in de oplossing harder naarmate de bodem verder wordt opgeladen. Bij uitmijnen daalt de P-concentratie in de oplossing echter veel sneller dan mag worden verwacht op basis van de relatie bij het opbouwen van de fosfaattoestand (Schoumans en Chardon 2015, zie Figuur 2-1). Dit beperkt P-verliezen via proces 2. Een minder intensieve versie van uitmijnen is het aanbrengen van een negatieve P-balans op de bodem. Dit betekent dat nog wel P-aanvoer met mest



Figuur 2-1. Relatie tussen fosfaatverzadigingsgraad van de bodem (y-as) en de directe P-beschikbaarheid in de bodemoplossing (x-as). Bij de opbouw van de fosfaattoestand (pijl naar rechts) stijgt de concentratie in de oplossing steeds harder naar mate de bodem verder wordt opgeladen. Bij uitmijnen daalt de P-concentratie in de oplossing echter veel sneller dan mag worden verwacht op basis van de relatie bij het opbouwen van de fosfaattoestand (Schoumans en Chardon 2015).

mogelijk is, maar dat meer P met het gewas wordt onttrokken dan met bemesting wordt aangevoerd. Ook bij deze maatregel (negatieve P-balans) zal, met name, de directe P-beschikbaarheid in de bodem dalen.

Door de adviseur van dhr. Snippert is voorgesteld om de maatregel uitmijnen te vervangen door 'Afgraven en vervangen van de bouwvoor' (5 ha land).

De maatregelen Vervangen toplaag bodem en Uitmijnen zijn de twee maatregelen die hier nader zullen worden beschouwd. Deze maatregelen zijn onderdeel van een breder maatregelenpakket (zoals beschreven in paragraaf 1.4) dat ingrijpt op het afvangen van nutriënten uit de afwatering van het perceel.

2.2 Streefwaarde fosfaattoestand van de bodem

Zoals hierboven is beschreven zijn de maatregelen waar consensus over is tussen de provincie Overijssel en dhr. Snippert effectief voor het sterk reduceren van het risico van P-verliezen van de drie maïspercelen naar het oppervlaktewater. De reden is dat de maatregelen permanent grasland dat niet wordt gescheurd en gedraineerd, beperking uitrijperiode mest en brede bufferstrook met randdam effectief ingrijpen op zowel de mogelijke bronnen als op de transportroutes van P naar het oppervlaktewater. De maatregel die onder discussie ligt, is een aanvullende bronmaatregel om de fosfaattoestand van de bodem te verlagen.

Een belangrijke vraag hierbij is tot welk niveau de fosfaattoestand verlaagt dient te worden, in de context dat ook de andere vier maatregelen worden uitgevoerd. De belangrijkste transportroute is, zoals gezegd, oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling van het perceel naar de beek. Afspoelen van meststoffen en erosie van deeltjes is ondervangen door de andere maatregel. Voor het verlagen van de fosfaattoestand van de bodem is het daarom vooral van belang de directe P-beschikbaarheid te verlagen. Het direct beschikbaar P in het bodemvocht kan met het neerslagoverschot getransporteerd worden richting de beek. P-CaCl₂ is een maat voor de directe P-beschikbaarheid in de bodem. Het is een gestandaardiseerde methode voor de P-concentratie in het bodemvocht. Deze methode hanteert een schudverhouding van 1 eenheid grond op 10 eenheden 0.01M CaCl₂. Groenendijk et al. (2016) geven aan dat waarden van P-CaCl₂ < 0,5 mg P/kg zeer laag zijn en dat bij deze waarden het risico van P-emissie zeer gering is. Op de percelen met een hoge P-CaCl₂ (>1 mg/kg) is het risico van P-afspoeling en uitspoeling groter. Het daadwerkelijke risico wordt echter gerelateerd aan de afstand tot, en connectiviteit met, het te beschermen natuurgebied en de gevoeligheid van de te beschermen habitat.

Voor de Snoeyinkbeek is de streefwaarde een P-concentratie van 0,1mg P/L, bepaald op basis van de KRW-doelstelling omdat er voor beekbegeleidend bos geen streefwaarde is. Dit betekent dat P-CaCl₂ van 1 mg P/kg voldoende laag is omdat dit gelijk staat aan een P-concentratie in het bodenvocht van 0,1mg P/L. De P-concentratie in het bodenvocht dat met het neerslagoverschot uitspoelt is dan niet hoger dan 0.1 mg/L. Elke methode heeft echter een meetfout, die standaard ongeveer 20% is. Het is vanuit dit perspectief redelijk om een streefwaarde te hanteren van een P-CaCl₂ van 1,2 mg P/kg grond. Hierbij is rekening gehouden dat met de overige maatregelen die zijn voorgenomen en uitgevoerd zullen worden P verliezen via de andere transportroutes effectief worden voorkomen.

De drie betreffende maïspelden blijven echter landbouwgrond. In Nederland is het gebruiksnormen stelsel voor fosfaat gebaseerd op de fosfaattoestand van de bodem. Deze gebruiksnormen worden per perceel bepaald maar op bedrijfsniveau afgerekend. Een agrariër heeft de mogelijkheid om de totale gebruiksruijnte naar eigen inzichten te verdelen over zijn pelden. De fosfaatgebruiksnorm heeft echter tot doel dat bij een hoge fosfaattoestand de balans negatief (P-gift is kleiner dan de onttrekking door het gewas) is en dat bij een lage fosfaattoestand deze positief (P-gift is groter dan de onttrekking door het gewas) is. Bij een neutrale toestand is deze in principe neutraal. Wanneer de fosfaattoestand van de bodem in de categorie Arm valt mag jaarlijks reparatiebemesting worden toegepast omdat de fosfaattoestand beperkend is voor de gewasopbrengst (Tabel 2-1). Wanneer de fosfaattoestand beperkend is voor het gewas, gaat dit ten koste van de benutting van andere nutriënten als de bemesting niet wordt aangepast. Een andere mogelijkheid dan reparatiebemesting is om een lagere gewasopbrengst te accepteren in de vorm van bijvoorbeeld kruidenrijk grasland en de daarbij horende gebalanceerde bemesting toe te passen. Om reparatiebemesting te voorkomen, en het risico op P-verliezen uit de directe mestgift, zou voor deze pelden het streven niveau Laag moeten zijn en niet Arm. De grenswaarde voor P-CaCl₂ die hierbij wordt aangehouden is 1,4 mg P/kg bij een P-AL van 21 t/m 30.

Tabel 2-1 Tabel met de gebruiksnormen van grasland gebaseerd op de gecombineerde indicator van P-AL en P-CaCl₂ als maat voor respectievelijk de beschikbare P-voorraad en de directe P-beschikbaarheid in de bodem.

Indeling klassen P-CaCl - getal (mg P/ kg)	Fosfaattoestand en Fosfaatnormen (kg P2O5/ha) grasland				
	Indeling klassen P-AL getal (mg P2O5/100 gr)				
	< 21	21 t/m 30	31 t/m 45	46 t/m 55	> 55
<0,8	arm (120)	laag (105)	laag (105)	neutraal (95)	ruim (90)
0,8 t/m 1,4	arm (120)	laag (105)	neutraal (95)	ruim (90)	ruim (90)
1,5 t/m 2,4	laag (105)	neutraal (95)	ruim (90)	ruim (90)	hoog (75)
2,5 t/m 3,4	neutraal (95)	ruim (90)	ruim (90)	hoog (75)	hoog (75)
> 3,4	ruim (90)	ruim (90)	hoog (75)	hoog (75)	hoog (75)

Het gekozen uitgangspunt voor de bronmaatregelen Vervangen bouwvoor of Uitmijnen is het streven naar het verlagen van de directe P-beschikbaarheid in de bovengrond zoals bepaald met P-CaCl₂ naar 1,2 mg P/kg grond. Deze streefwaarde is gebaseerd op de streefwaarde van 0,1mg P/L in het oppervlaktewater (voor het betreffende N2000-gebied met matig gevoelig habitat) met een correctie voor de meetfout. Naast deze uiteindelijk streefwaarde van 1,2 mg/kg wordt een tussentijdse streefwaarde voorgesteld van P-CaCl₂ 2,4 mg/kg. Een tussentijds doel wordt gehanteerd omdat met het nemen van maatregelen het risico op P-verliezen afneemt. De tussentijdse streefwaarde zou trapsgewijs de eerste doelstelling moeten zijn voor het verlagen van de fosfaattoestand van de bodem om het hoge risico van oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling te verlagen. De intensiteit van de maatregelen kunnen dan ook worden aangepast aan het lagere risico. Voor deze specifieke situatie is deze trapsgewijze streefwaarde een compromis tussen het beperken van P-verliezen door oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling, de landbouwkundige gebruikswaarde en verliezen door een hoge P-mestgift wanneer de fosfaattoestand van de bodem in de klasse Arm komt. Uitgangspunt is dat de productie op peil blijft en dat het uitspoelingsrisico daarbij zoveel mogelijk wordt beperkt. De andere vier maatregelen (permanent grasland, dat niet wordt gescheurd en zonder drainage met een beperkte periode waarin de bemesting

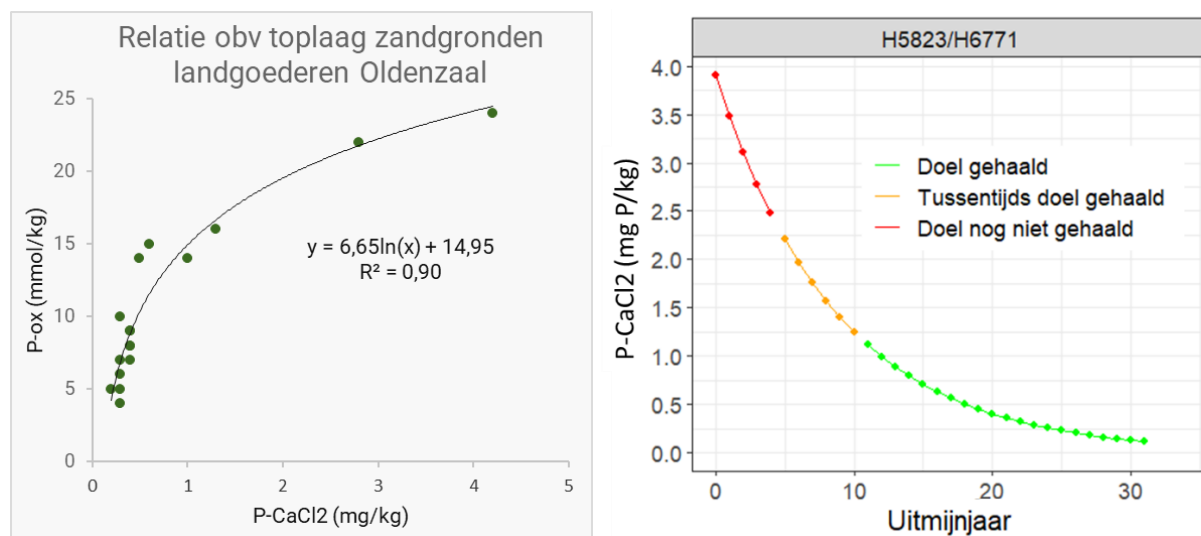
plaatsvindt en met brede bufferzone met randdam) zijn samen effectief en doelmatig in het voorkomen van eventuele P-verliezen van de percelen naar de Liesketbeek.

2.3 Verlagen fosfaattoestand van de bodem door uitmijnen

Doelstelling van uitmijnen is om in de betreffende drie percelen de directe P-beschikbaarheid in de bodem te verlagen. In een eerdere studie zijn meerdere landbouwpercelen in de Landgoederenzone Oldenzaal onderzocht (Postma et al., 2016). In de toplaag van deze percelen is een goede relatie af te leiden tussen de totaal beschikbare P-voorraad in de bodem (P-ox) en de direct beschikbare P-fractie zoals gemeten met P-CaCl₂ (linker Figuur 2-2). Eerder onderzoek heeft aangetoond dat met uitmijnen P-ox een goede indicator is voor het totaal beschikbare P-voorraad in de bodem (Van Rotterdam et al., 2021). De P bodemvoorraad (P-ox) daalt dan met de hoeveelheid P dat met uitmijnen wordt onttrokken uit de bodem. De relatie tussen P-CaCl₂ en P-ox kan vervolgens worden gebruikt om het effect op de verlaging van P-CaCl₂ te bepalen.

Bij een jaarlijkse verwachte grasopbrengst van 13 ton drogestof/ha en een P-gehalte in het gras van initieel 2,9 mg P/kg drogestof wordt 86 kg P₂O₅/ha per jaar verwijderd (dit is een schatting op basis van de P-onttrekking op de wat hoger gelegen zandgronden in een 10-jarige veldproef in een beekdal in Drenthe, Van Rotterdam et al., 2021).

Op basis van bovenstaande uitgangspunten die specifiek voor deze gronden van toepassing zijn, is een inschatting gemaakt van hoe snel P-CaCl₂ over de tijd zal dalen (rechter Figuur 2-2). De initiële P-CaCl₂ is hier ingeschat op basis van de meting in 2016. In 2022 was de gemeten P-CaCl₂ een eenheid hoger. Daarmee is de verwachte tijd die het duurt om P-CaCl₂ te doen dalen naar het tussentijdse doel van 2,4 en het streefdoel van 1,2 mg/kg respectievelijk 5 jaar en ruim 10 jaar.



Figuur 2-2 Linker figuur: Relatie tussen de totaal beschikbare P-voorraad in de bodem en de direct beschikbare P-fractie in de toplaag van de bodem van zand percelen in landgoederen Oldenzaal (data uit Postma et al., 2016). Rechter figuur is een inschatting van de daling in P-CaCl₂ over de tijd als gevolg van uitmijnen (zie tekst voor uitgangspunten).

2.4 Definitie landbouwgrond

De maatregel 'Uitmijnen' is door de dhr. Snippert en zijn adviseur als onwenselijk beschouwd omdat de grond niet langer als landbouwgrond zou mogen worden bestempeld, waarmee ook de aan landbouwgrond gekoppelde gebruiksnormen voor dierlijke mest, fosfaat en werkzame stikstof zouden

vervallen. Dit zou verregaande consequenties hebben voor de mestplaatsingsruimte en indirect daarmee ook voor het aantal dieren die gehouden mogen worden.

Het knelpunt zit in de definitie “Tot het bedrijf behorende oppervlakte landbouwgrond” uit de meststoffenwet: Tot het bedrijf behorende oppervlakte landbouwgrond: in Nederland gelegen oppervlakte landbouwgrond, die in het kader van een normale bedrijfsvoering bij het bedrijf in gebruik is. In deze definitie wordt gesproken over een normale bedrijfsvoering. Het is te beargumenteren dat de drie percelen geen ‘normale bedrijfsvoering’ hebben wanneer wordt uitgemijnd. In de uitwerking door RVO wordt nader ingegaan op ‘normale bedrijfsvoering’ door op te nemen dat als er niet wordt bemest en het land ook niet wordt gebruikt om te oogsten of te beweiden het areaal niet meetelt als landbouwgrond.

In voorliggende advies hanteren we het uitgangspunt dat de drie betreffende percelen wél landbouwgrond blijven en dat daarmee ook de mestplaatsingsruimte en het aantal dieren op bedrijfsniveau niet wordt beperkt. Het doel van uitmijnen is namelijk expliciet wél oogsten (zoveel mogelijk gras) en ook bemesten (N en K) en daarmee blijft de definitie landbouwgrond van kracht. Daarmee blijven de genoemde gebruiksnormen voor dierlijke mest, fosfaat en werkzame stikstof voor deze percelen ongewijzigd. Er worden alleen aanvullende afspraken gemaakt over de daadwerkelijke aanwending van meststoffen (vooral fosfaat) op de betreffende percelen. Voor het gehele bedrijf blijft de gebruiksruiimte ongewijzigd, wat betekent dat de (fosfaathoudende) mest die niet op deze 3 percelen worden toegepast, elders op het bedrijf kunnen worden ingezet. Ondanks dat de adviseurs van dhr Snippert het eens zijn dat de percelen landbouwgrond blijven, krijgen de betreffende percelen wel een aparte status bij RVO. Dit kan ertoe leiden dat de percelen alsnog niet mogen worden meegeteld en dat er zelfs een boete wordt opgelegd als we bovenstaand uitgangspunt hanteren. De adviseur van dhr. Snippert gaf aan dat RVO geen uitsluitel heeft kunnen geven in deze (overleg op 17 juli 2023). Dit leidt ertoe dat uitmijnen alsnog een risico is.

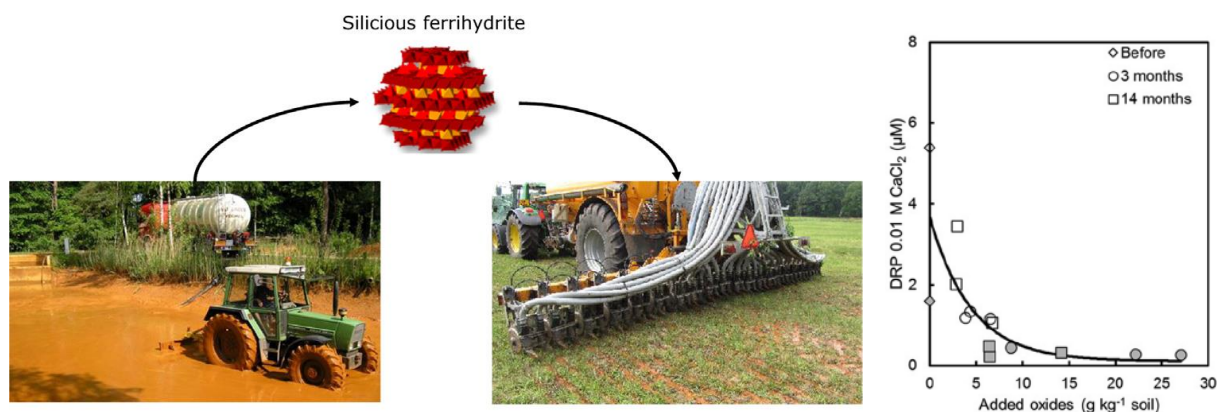
2.5 Alternatieve maatregel

Een alternatieve maatregel voor het opbrengen van grond is het inbrengen van ijzeroxideslib. In de bodem wordt de directe beschikbaarheid van P in de bodem bepaald door de mate waarin de bindingscapaciteit van de bodem is opgeladen met P (de fosfaatverzadigingsgraad). Het toedienen van ijzeroxideslib verhoogt de P-bindingscapaciteit van de bodem, en verlaagt daarmee de fosfaat verzadigingsgraad. Als gevolg daalt ook de directe P-beschikbaarheid.

Naast verschillende lab-experimenten is ook in de praktijk geëxperimenteerd met het toedienen van ijzeroxideslib aan een zandgrond (Figuur 2-3, Koopmans et al., 2020). Het gebruikte product is een industrieel bijproduct van de productie van drinkwater in een waterzuiveringsinstallatie van Brabant Water B.V.. Het ijzeroxideslib werd oppervlakkig in de bodem geïnjecteerd met behulp van een sleepvoetsysteem (Middelste Figuur 2-3). Vervolgens werd het met een cultivator door de bovenste 20 cm van de bodem gemengd.

Door de ultra-kleine deeltjesgrootte van het ijzeroxide nam de P-bindingscapaciteit sterk toe in de bodem. Het toevoegen van 10 g Fe leidde tot een afname van de directe P-beschikbaarheid met 1 mg P/kg (omgerekend van rechter Figuur 2-3). Wanneer de directe P-beschikbaarheid bijvoorbeeld met 2,5 mg P/kg (P-CaCl₂ van 5 naar 2,5) is 25 g Fe nodig per 10cm grond. Dit komt overeen met ongeveer 35 ton product/ha. De verlaging directe P-beschikbaarheid is na ruim een jaar vergelijkbaar met de daling na 3 maanden. Het eenmalig toedienen van ijzeroxideslib is daarmee een maatregel om voor de lange termijn de P-beschikbaarheid te verlagen.

Om te voorkomen dat de fosfaattoestand direct te veel zou dalen – dit zou via bemesting weer mogen worden aangevuld - zou in eerste basis gift kunnen worden aangehouden om daarna te controleren wat er in de praktijk gebeurt (andere grond en ander product dan gebruikt in Brabant). Mogelijk is een kleine extra gift nodig. Door het in stappen toe te voegen en tussen door te meten kan worden nagegaan hoe de bodem reageert en kan worden voorkomen dat de fosfaattoestand te veel daalt.



In-situ immobilization: Increase in soil reactive surface area

Figuur 2-3 Foto's van het experiment met het toedienen van ijzeroxideslib aan een zandgrond (links) en het effect op de directe P-beschikbaarheid als functie van de hoeveelheid ijzeroxideslib dat is toegepast. De meest linkse foto is het basin waar het ijzeroxideslib uit wordt gepompt in de vrachtwagen. In de rechter foto wordt het toegediend op een grasperceel.

Het slib is een natuurlijk product dat vrijkomt als restproduct tijdens ontijzering van anaeroob grondwater voor de productie van drinkwater; het is gevormd uit hetzelfde ijzer dat als kwelwater aan het oppervlak komt. In Nederland wordt circa 60% van het drinkwater geproduceerd uit grondwater; hierbij ontstaat een forse, doorlopende reststroom van ijzerslib (Koopmans et al., 2010). Aquamineralen en Vitens zijn bedrijven die in Nederland restproducten van de drinkwatervoorziening verwaarden en vermarkten. Het ijzeroxideslib is door heel Nederland verkrijgbaar in verschillende kwaliteiten.

Chardon et al. (2014) beschrijven een aantal andere praktische aspecten van het ijzerslib in relatie tot de bodemkwaliteit. Ijzerslib is een schoon restproduct: het bevat slechts kleine hoeveelheden zware metalen zoals arseen, cadmium, koper, nikkel, lood en zink. De gehalten daarvan liggen rond de achtergrondgehalten in de bovenste 10 centimeter van de Nederlandse bodem en door de grote bindingscapaciteit van de ijzeroxiden in het slib komen deze metalen nauwelijks vrij (Koopmans et al., 2010). Andere bodemkwaliteitsparameters zoals organische stof zullen naar verwachting niet meetbaar en merkbaar worden beïnvloed. De bodemstructuur verandert ook niet merkbaar na het toedienen van ijzerslib (persoonlijk contact Dr. Koopmans). Door de licht basische zuurgraad van het slib (pH=7,6) zorgt het toedienen van de benodigde hoeveelheden voor een lichte pH stijging van de bodem (op twee gronden van resp. 5,6 naar 6,9 en van 4,5 naar 6,8 (Chardon et al., 2014). De licht basische pH wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het hoge kalkgehalte in het voor deze proef gebruikte ijzerslib (20%), afkomstig van marmerkorrels in het filterbed (Koopmans et al., 2010). Als gevolg van deze stijging van de zuurgraad nam de mineralisatie van organische stof in de bodem toe. Daarbij was het stikstofleverend vermogen (NLV) van de bodem tijdelijk hoger dan verwacht op basis van de bodemanalyse resultaten. Hier zou in de mestgift voor gecorrigeerd kunnen worden.

In hoofdstuk 3 worden de drie verschillende maatregelen per perceel uitgewerkt; vervangen bouwvoor, uitmijnen en ijzer-oxideslib toedienen.

3 Percelen en uitwerking maatregelen

3.1 Beschrijving 3 percelen

Tabel 3-1 geeft een overzicht van kenmerken van de 3 percelen van dhr. Snippert (5823, 6771 en 6990) en een nabijgelegen perceel waarvan mogelijk een vervangende bouwvoor kan worden betrokken (3994) (grondonderzoek uitgevoerd door Eurofins-agro, voorjaar 2022).

Twee van de drie percelen, 6990 en 5823, zijn eerder onderzocht in een studie die door NMI is uitgevoerd (Postma et al., 2016). De resultaten zijn vergelijkbaar met de resultaten uit 2022. De fosfaattoestand in de bovenste 30 cm wordt op de percelen 5823 en 6771 geclassificeerd als Hoog en op perceel 6990 als Ruim/ Neutraal (Tabel 2-1). In het onderzoek van Postma et al., 2016 is ook de diepere bodemlaag gemeten. De fosfaattoestand is aanzienlijk lager in de 30-60 cm bodemlaag.

Opvallende zaken:

- De directe P-beschikbaarheid is vooral hoog op perceel 6771 en 5823 (P-CaCl₂ 5,1-5,3 mg P/kg; P-AL 66-67 mg P₂O₅/100 g) en een stuk lager op perceel 6990 (P-CaCl₂ 1,7; P-AL 43).
- De textuur wordt op alle drie de percelen op basis van het labonderzoek geclassificeerd als lemig zand, maar in het veld geeft het beperkte verschil in gemeten lutumgehalte grote waargenomen verschillen (visueel en manueel) in bodemstructuur. Perceel 6990 met het hoogst gemeten lutumgehalte (7%), maar met 70% zand en 20% silt, heeft in werkelijkheid een kleiige en harde structuur. Dit perceel heeft ook het laagste organische stofgehalte (2,3%). Terwijl de twee andere percelen (5823 en 6771) met slechts iets lagere gemeten lutumgehaltes (3 en 5%) en vrijwel dezelfde zand- en siltgehaltes van resp. 70-71% en 20-22% duidelijk zandgronden zijn. Tijdens het veldbezoek in juni 2023 ontstond de sterke indruk dat de gemeten verschillen in textuur tussen de percelen onderschat zijn.
- De twee meer zandige percelen (5823 en 6771) percelen zijn esgronden, die bodemkundig worden geclassificeerd als enkeerdgronden. Perceel 5823 is een ongeveer 50cm diepe enkeerdgrond, en perceel 6771 heeft een eerdlaag van ongeveer 70 tot 80cm dikte. Perceel 6990 heeft geen eerddek.
- Op alle drie de percelen is direct onder de A-horizont het slecht doordringbare keileem aanwezig. Wortels kunnen niet tot zeer beperkt in deze laag doordringen en ook zorgt het voor oppervlakkige en ondiepe uitspoeling van het neerslagoverschot.
- Het perceel van Natuurmonumenten (3994) dat eventueel in aanmerking zou kunnen komen voor het verwijderen van de toplaag voor een toepassing op perceel 6990 heeft een ondiepe toplaag van 15-20cm organisch stofrijk zand. Gezien de beperkte laagdikte van deze toplaag, lijkt de praktische uitvoerbaarheid van afgraven van de toplaag beperkt. Direct onder de toplaag is keileem aanwezig. Met het verwijderen van de toplaag zou de groeimogelijkheid voor vegetatie ook worden verwijderd of sterk worden beperkt. Het keileem zou aan de oppervlakte komen, waarbij een harde 'ondoordringbare plaat' zou overblijven.

Tabel 3-1 overzicht van de bodemopbouw, fosfaattoestand en gewas op de drie percelen van dhr. Snippert en het nabij gelegen perceel van Natuurmonumenten (NM).

	Tegenover huis 5823	Driehoek 6990	Perceel grenzend aan stal 6771	Perceel NM 3994
Foto bodemopbouw				
Fosfaat-toestand jan 2022	Toplaag (0-30cm) Hoog; P-AL=67 en P-CaCl ₂ = 5,3	Toplaag (0-30cm) Ruim; P-AL=43 en P-CaCl ₂ = 1,7	Toplaag (0-30cm) Hoog; P-AL=66 en P-CaCl ₂ = 5,1	Toplaag (0-30cm) Arm; P-AL=7 en P-CaCl ₂ = 0,5
Fosfaat-toestand 2016*	Toplaag (0-30cm) Hoog; P-AL=79 en P-CaCl ₂ = 4,2 Laag 30-60 cm Laag; P-AL=33 en P-CaCl ₂ = 0,7	Toplaag (0-30cm) Neutraal; P-AL=45 en P-CaCl ₂ = 1,3 Laag 30-60 cm Arm; P-AL=8 en P-CaCl ₂ = 0,3		
Risico P-emissie door:*	Afspoeling: Hoog en ondiepe uitspoeling: Vrij hoog	Afspoeling: Matig en ondiepe uitspoeling: Matig		
Toplaag	tot +/- 50cm. Matig organisch stofrijk zand met matig tot redelijke structuur	tot 30-40cm donker kleiig, harde grond, slechte structuur. Deel vh perceel te nat	tot 70-80cm organisch stofrijk, zand met goede structuur	15-20cm goed doorworteld zand
Direct onder toplaag	Keileem	Keileem, Fe-rijk en veel stenen. Slechte afwatering	Keileem	Fe-rijk keileem. Keileem vertoont gleyverschijnselen
Gewas	Mais	Mais	Mais	Witbol dominant, klaver en grassen

* Postma et al., 2016

3.2 Maatregelen per perceel

In onderstaande drie tabellen worden de kenmerken, risico's en adviezen voor de drie percelen één voor één besproken. Hierbij wordt voor elk per perceel de combinatie aan effectieve maatregelen geschetst en wordt de maatregel 'verlagen van de directe P-beschikbaarheid van de bodem' uitgewerkt in de maatregelen Uitmijnen, Vervangen/ ophogen toplaag en Inbrengen van ijzeroxideslib.

Perceel	Tegenover huis 5823
Bodem-gesteldheid	De A-horizont is +/- 50cm dik. De bodem bestaat uit matig organisch stofrijk zand met matig tot redelijke structuur. Het keileem is aanwezig onder de eerdlaag. De bodem is geclassificeerd als enkeerdgrond.
Hydrologie	Het perceel is gevoelig voor oppervlakkige afspoeling van water en daarin opgeloste nutriënten. Het ligt op een helling naar de Liesketbeek en keileem is ondiep (+/-50cm) aanwezig.
Fosfaat-toestand	De fosfaattoestand wordt landbouwkundig geclassificeerd als Hoog (Tabel 2-1). De directe beschikbaarheid van P is met P-CaCl ₂ 5,3 mg/kg hoog (2022). In een eerder onderzoek (2016) was de directe P-beschikbaarheid ook hoog (P-CaCl ₂ was 4,2 mg P/kg. In de bodemlaag 30-60cm onder maaiveld was de directe P-beschikbaarheid laag (P-CaCl ₂ 0,7).
Maatregelen om P-emissies van perceel naar Liesketbeek te voorkomen	De combinatie van een hoge directe fosfaatbeschikbaarheid en ondiepe af- en uitspoeling leiden tot een verhoogd risico op P-verliezen naar de Liesketbeek. De meest effectieve maatregelen zijn: Afvangen nutriënten in afstromend en ondiep uitspoelend water door een jaarrond begroeide en beheerde 10m brede bufferstrook inclusief een lage randdam. Maaibeheer is gericht op verschralen van de bodem door afvangen van nutriënten met een relatief diep wortelend gras-kruidenvegetatie. Op het perceel jaarrond groen voor waterberging en nutriëntenretentie door omzetten naar permanent grasland, dat ook niet wordt gescheurd en niet is gedraineerd. - Trapsgewijs verlagen van de directe P-beschikbaarheid in de bodem naar een P-CaCl₂ naar 2,4 en vervolgens naar 1,2 mg P/kg grond (zie paragraaf 'Doelstelling fosfaattoestand van de bodem').
Uitmijnen	Uitmijnen heeft tot doel om de P-onttrekking door het gewas te maximaliseren om zo de directe fosfaatbeschikbaarheid in de bodem te verlagen. Gewasgroei wordt gemaximaliseerd door het toedienen van stikstof, kalium en zwavel en de zuurgraad van de bodem op orde te houden. De aanwezigheid van een 50cm dikke eerdlaag met een redelijk goede structuur is ideaal voor een goede grasvegetatie. Wanneer wordt ingezaaid met grasklaver is bemesting gericht op voldoende Kalium (K) en een kleine Stikstof (N) gift. De pH moet hierbij voldoende hoog worden gehouden en maairegime worden aangepast aan het handhaven van het klaverbestand. N en K kunnen worden toegediend in de vorm van minerale meststoffen. Een andere optie is het mechanisch scheiden van mest en op dit perceel alleen de dunne fractie gebruiken. De gift is afhankelijk van de samenstelling van het product. De hoogte van de N-en K-gift worden bepaald op basis van bemestingsadvies.nl waarin de gift wordt afgestemd op het N-leverend vermogen van de bodem (NLV is voor dit perceel 65 kg N/ha), gewas (gras of gras/klaver), zwaarte van de maaisnedes en droogtegevoeligheid. De verwachting is dat de directe P-beschikbaarheid binnen 5 jaar sterk is gedaald tot de tussentijdse streefwaarde van P-CaCl₂ 2,4 (zie paragraaf 2.3). Nadat deze tussentijdse streefwaarde is bereikt kan de intensiteit van uitmijnen worden aangepast naar een gewasafvoer op basis van minimaal 3 maaisnedes en een negatief fosfaatbodemoverschot van minimaal 40 kg P₂O₅ per hectare. Na ongeveer 10 jaar is de verwachting dat de streefwaarde van P-CaCl₂ van 1,2 mg/kg is gehaald.

	De aanbeveling is regelmatig, bijvoorbeeld elke 2 tot 4 jaar, bodemonderzoek uit te voeren om de daling van de fosfaattoestand, met name P-CaCl ₂ , te monitoren.
Vervangen/ ophogen toplaag	Het vervangen van de toplaag is voor dit perceel een ingrijpende maatregel, waarvan men zich af kan vragen of die wel in verhouding staat tot het beoogde doel. Het roept het beeld op van 'het kind dat met het badwater wordt weggegooid'. Te meer omdat ook andere doelmatige maatregelen worden getroffen en het knelpunt van de (te) hoge fosfaatbeschikbaarheid relatief eenvoudig op een andere manier is op te lossen. Het verwijderen van de toplaag heeft op dit perceel een aantal bezwaren. Vanuit cultuurhistorisch perspectief is het verwijderen van de toplaag onwenselijk omdat de A-horizont een 50cm dikke eerdlaag is. Vanuit landbouwkundig oogpunt wordt de dikke organische stofrijke (3,8% OS) toplaag ook positief gewaardeerd. Ook bestaat het risico dat de landbouwkundige waarde van dit perceel na het aanbrengen van een vervangende bouwvoor blijvend op een lager niveau ligt dan nu het geval is. Als, ondanks de bezwaren, toch wordt gekozen voor deze oplossingsrichting, is het aan te bevelen de toplaag zo beperkt mogelijk te verwijderen en deze te 'verdunnen' door andere grond op te brengen en door de bouwvoor te mengen. Deze op te brengen grond heeft idealiter een fosfaattoestand in de klasse Arm en een directe P-beschikbaarheid P-CaCl₂ kleiner dan 0,5 mg P/kg. In deze situatie zou 15cm grond moeten worden verwijderd en 20cm grond moeten worden opgebracht en gemengd om de tussentijdse streefwaarde van P-CaCl₂ van 2,4 mg/kg te bereiken. Nadat deze tussentijdse streefwaarde is bereikt is het streven een negatief fosfaatbodemoverschot van minimaal 40 kg P₂O₅ per hectare om de directe P-beschikbaarheid verder te doen dalen naar 1,2 mg/kg. Deze op te brengen grond zou een organische stofrijke zandgrond moeten zijn met de specificaties organische stofgehalte van 3-4% en lutumgehalte <5%, waarbij de fijnheid van de zandfractie zoveel mogelijk overeen komt met die van de huidige bodem. De pH ligt bij voorkeur tussen 5 en 6 en de K-toestand wijkt ook niet teveel af van de huidige bodem (K-bodemvoorraad 2,5-3,5 mmol/kg en K-plant beschikbaar 125-150 mg K/kg). De grond mag geen zaden bevatten van soorten die schadelijk zijn voor vee en mag niet milieukundige verontreinigd zijn.
Inbrengen van ijzeroxideslib	Het inbrengen van ijzeroxideslib lijkt een simpele en effectieve maatregel om het beoogde doel – verlagen van de directe P-beschikbaarheid in de toplaag van de bodem – snel te bereiken. Bij een gewenste daling tot de tussentijdse streefwaarde van 2,4 mg P/kg (van P-CaCl₂ 5,3) is 29 g Fe nodig per 10cm grond. Dit komt overeen met ongeveer 40 ton product/ha. Deze dosis zou als eerste basis gift kunnen worden aangehouden. De verwachting is dat mogelijk een kleine extra gift nodig is. Door het in stappen toe te voegen en tussen door te meten kan worden nagegaan hoe de bodem reageert en kan worden voorkomen dat de fosfaattoestand te sterk daalt. Toedienen en inwerken kan na de maïsoogst en voor de inzaai van vanggewas of gras. Voor toedienen is bodemonderzoek nodig om de variatie binnen het perceel en hoogte van de ijzeroxideslib-gift te bepalen.

Perceel	Driehoek 6990
Bodem- gesteldheid	De A-horizont is slechts 30-40cm dik. De A-horizont heeft een slechte structuur, een beperkt organische stofgehalte en bevat zichtbaar veel ijzer(hydr)oxides. De bodemstructuur is slecht; bodemaggregaten zijn hoekig en hard. Het keileem is oppervlakkig aanwezig
Hydrologie	Op het perceel zijn duidelijk plassen zichtbaar. Het perceel is gevoelig voor oppervlakkige afspoeling van water en daarin opgeloste nutriënten. Het ligt op een helling naar de Liesketbeek en keileem is ondiep aanwezig. Bodemstructuur en beworteling van de toplaag zijn matig wat de benutting van water en nutriënten beperkt.

Fosfaat-toestand	De fosfaattoestand wordt landbouwkundig geclassificeerd als ruim (Tabel 2-1). De directe beschikbaarheid van P is met P-CaCl ₂ 1,7 mg/kg, niet heel hoog
Maatregelen om P-emissies van perceel naar Liesketbeek te voorkomen	De bodemstructuur en waterhuishouding zijn op dit perceel slecht. Het risico op P-emissie door afspoeling en ondiepe uitspoeling zijn ingeschat als matig (Postma et al., 2016). De meest effectieve maatregelen om het matige risico verder te verlagen zijn: - Afvangen nutriënten in afstromend en ondiep uitspoelend water door een jaarrond begroeide en beheerde 5 meter brede bemestingsvrije bufferstrook langs de westelijke bermsloot en een 10 meter brede bemestingsvrije bufferstrook met randdam aan de oost en zuidzijde. Maaibeheer is gericht op verschrallen van de bodem door afvangen van nutriënten met een relatief diep wortelend gras-kruidenvegetatie. - Op het perceel jaarrond groen voor waterberging en nutriëntenretentie door omzetten naar permanent grasland, dat ook niet wordt gescheurd. De drainage wordt onklaar gemaakt. - Verbeteren benutting water en nutriënten, door verbetering van de bodemstructuur en beworteling door aanvoer effectief (langzaam afbreekbaar) organische stof in de vorm van bodemverbeteraar zoals compost of vaste mest. - Verlagen fosfaattoestand van de bodem door een negatief P-bodemoverschot waarbij aanvoer structureel lager is dan onttrekking. Doel is een verlaging van het direct beschikbaar P in het uit de bodem spoelend water. Richtlijn hierbij is een streefwaarde voor de directe P-beschikbaarheid in de bodem, P-CaCl₂ van 1,2 mg P/kg grond.
Uitmijnen	Op dit perceel is het verschil tussen de actuele en gewenste directe P-beschikbaarheid klein. Het gewenste resultaat kan naar verwachting snel worden gerealiseerd. Daarbij is uitmijnen door het handhaven van een netto negatieve P-balans voldoende. Niet alleen minerale meststoffen, maar ook organisch stofrijke meststoffen toedienen is op dit perceel ook wenselijk vanuit het oogpunt van bodemkwaliteit. Het verbeteren van de slechte bodemstructuur en slechte hydrologische omstandigheden werkt positief door op de gewasgroei – en daarmee op de P-onttrekking – en op de nutriëntenbenutting. Dit kan bijvoorbeeld door de aanvoer van compost of vaste mest. Compost en vaste mest bevatten P maar de directe beschikbaarheid is laag. In experimenten is aangetoond dat met name op gronden met een hoge fosfaattoestand het toedienen van compost niet leidt tot een verhoging van de uitspoeling van P uit deze grond ten opzichte van het geval waarbij geen P wordt toegediend (Van Rotterdam en Veeken, 2019). Advies is om de eerste drie jaar een sterk negatief P-bodemoverschot te hanteren van ongeveer 60 kg P₂O₅/ha. Bij een verwachte grasopbrengst van 13 ton drogestof/ha en een P-gehalte in het gras van initieel 2,9 mg P/kg drogestof wordt 86 kg P₂O₅/ha verwijderd (dit is een schatting op basis van de P-onttrekking op de wat hoger gelegen zandgronden in een 10-jarige veldproef in een beekdal in Drenthe, Van Rotterdam et al., 2021). Het toedienen van ongeveer 25 kg P₂O₅/ha in de vorm van compost komt overeen met een compost gift van 20 ton compost (3,5 kg P₂O₅/ton product, 25% werkzaam) per ha per jaar. De aanbeveling is regelmatig, bijvoorbeeld elke 2 jaar, bodemonderzoek uit te voeren om de daling van de fosfaattoestand, met name P-CaCl₂, te monitoren.
Vervangen/opphogen toplaag	Op dit perceel is het verwijderen en vervangen van de toplaag onwenselijk omdat de A-horizont slechts 35-40cm dik is en zoals hierboven beschreven van een beperkte kwaliteit. Daarnaast is de fosfaattoestand verhoogd maar deze wordt landbouwkundig geclassificeerd als ruim (niet als hoog), en het risico van uit- en afspoeling van fosfaat is ingeschat als matig. Afgraven en vervangen van de huidige bouwvoor is daarmee een disproportioneel zware maatregel. Als optie om de fosfaattoestand te verlagen zou grond met een fosfaattoestand die wordt geclassificeerd als Laag of Arm kunnen worden opgebracht en door de bovenste 30cm worden doorgewerkt. Om de bodemkwaliteit van het huidige perceel

	te verbeteren zou deze grond een organisch stofrijke zandgrond moeten zijn met de specificaties organische stofgehalte >4% en lutumgehalte <4%. Met het handhaven van de huidige bodemkwaliteit als uitgangspunt zou een lager organische stofgehalte volstaan en als ook een hoger lutumgehalte (6-8%). De gewenste pH ligt op een niveau rond de 6 (5,5-6,5). De grond mag geen zaden bevatten van soorten die schadelijk zijn voor vee en mag niet milieukundige verontreinigd zijn.
Inbrengen van ijzeroxideslib	Het inbrengen van ijzeroxideslib lijkt op dit perceel niet wenselijk. De gewenste daling in $P-CaCl_2$ is zo klein dat de toe te dienen hoeveelheid te klein is om praktisch hanteerbaar te zijn.

Perceel	Tegenover de stal 6771
Bodem-gesteldheid	De A-horizont is +/- 70 – 80cm dik. De bodem bestaat uit organisch stofrijk zand met een goede structuur. Het keileem is aanwezig onder de eerdlaag. De bodem is geclassificeerd als enkeerdgrond.
Hydrologie	Het perceel is gevoelig voor oppervlakkige afspoeling van water en daarin opgeloste nutriënten. Het ligt op een helling naar de Liesketbeek en keileem is ondiep (+/- 70-80cm) aanwezig.
Fosfaat-toestand	De fosfaattoestand van de bovenste 30cm wordt landbouwkundig geclassificeerd als Hoog (Tabel 2-1). De directe beschikbaarheid van P is met $P-CaCl_2$ 5,1 mg/kg hoog (2022). Op basis van eerder onderzoek (2016) op een vergelijkbaar perceel (H5823) is de verwachting dat in de bodemlaag 30-60cm onder maaiveld de directe P-beschikbaarheid laag zal zijn.
Maatregelen om P-emissies van perceel naar Liesketbeek te voorkomen	De combinatie van een hoge directe fosfaatbeschikbaarheid en ondiepe af- en uitspoeling leiden tot een verhoogd risico op P-verliezen naar de Liesketbeek. De meest effectieve maatregelen zijn: Afvangen nutriënten in afstromend en ondiep uitspoelend water door een jaarrond begroeide en beheerde 10m brede bufferstrook inclusief een randdam (wat ter plaatse gevormd wordt door het kavelpad). Maaibeheer is gericht op verschrallen van de bodem door afvangen van nutriënten met een relatief diep wortelend gras-kruidenvegetatie. Op het perceel jaarrond groen voor waterberging en nutriëntenretentie door omzetten naar permanent grasland, dat ook niet wordt gescheurd en niet is gedraineerd. Trapsgewijs verlagen van de directe P-beschikbaarheid in de bodem naar een $P-CaCl_2$ naar 2,4 en vervolgens naar 1,2 mg P/kg grond (zie paragraaf 'Doelstelling fosfaattoestand van de bodem').
Uitmijnen	De aanwezigheid van een 70 tot 80cm dikke eerdlaag met een goede structuur is ideaal voor een goede grasvegetatie. De P-onttrekking wordt gemaximaliseerd door de grasopbrengst te optimaliseren door N, K, en op dit perceel ook S toe te dienen en de zuurgraad van de bodem op orde te houden door bekalken. Wanneer wordt ingezaaid met grasklaver is bemesting gericht op voldoende Kalium (K) en een kleine Stikstof (N) gift. De pH moet hierbij voldoende hoog worden gehouden en maairegime worden aangepast aan het handhaven van het klaverbestand. N en K kunnen worden toegediend in de vorm van minerale meststoffen. Een andere optie is het mechanisch scheiden van mest en op dit perceel alleen de dunne fractie gebruiken. De N-en K-gift worden bepaald op basis van bemestingsadvies.nl waarin de gift wordt afgestemd op het N-leverend vermogen van de bodem (NLV is voor dit perceel 70 kg N/ha), gewas (gras of gras/klaver), zwaarte van de maai-snedes en droogtegevoeligheid. De verwachting is dat de directe P-beschikbaarheid binnen 5 jaar sterk is gedaald tot de tussentijdse streefwaarde van $P-CaCl_2$ 2,4 (zie paragraaf 2.3). Nadat deze tussentijdse streefwaarde is bereikt kan de intensiteit van uitmijnen worden aangepast naar een gewasafvoer op basis van minimaal 3 maaisnedes en een

	negatief fosfaatbodemoverschot van minimaal 40 kg P₂O₅ per hectare. Na ongeveer 10 jaar is de verwachting dat de streefwaarde van P-CaCl₂ van 1,2 mg/kg is gehaald. Door de ligging van dit perceel tussen de stal en de beweidingspercelen is het voor dhr. Snippert wenselijk om het vee door het perceel te laten gaan naar de achterliggende wedepercelen, en om dit perceel ook voor beweiding te gebruiken. Waar het koeienpad komt te liggen wordt nader uitgewerkt. Het is de eerste jaren wenselijk dat de P-onttrekking wordt gemaximaliseerd door maaïen en afvoeren. In relatie tot het maatregelen pakket als geheel, is het geen bezwaar als het vee door het perceel naar de achterliggende percelen loopt. Hierbij zullen de koeien slechts beperkt gras eten. Wanneer de tussentijdse streefwaarde van P-CaCl₂ 2,4 is bereikt zal een negatieve P-balans voldoende zijn om het risico op hoge P-verliezen te beperken. Minimaal 3 keer per jaar maaïen en afvoeren met beperkt beweiden is dan voldoende om de directe P-beschikbaarheid langzaam te doen dalen. De aanbeveling is regelmatig, bijvoorbeeld elke 2 tot 4 jaar, bodemonderzoek uit te voeren om de daling van de fosfaattoestand, met name P-CaCl₂, te monitoren.
Vervangen/ ophogen toplaag	Het vervangen van de toplaag is voor dit perceel een ingrijpende maatregel, waarvan men zich af kan vragen of die wel in verhouding staat tot het beoogde doel. Het roept het beeld op van 'het kind dat met het badwater wordt weggegooid'. Te meer omdat ook andere doelmatige maatregelen worden getroffen en het knelpunt van de (te) hoge fosfaatbeschikbaarheid relatief eenvoudig op een andere manier is op te lossen. Het verwijderen van de toplaag heeft op dit perceel een aantal bezwaren. Vanuit cultuurhistorisch perspectief is het verwijderen van de toplaag onwenselijk omdat de A-horizont een 70-80cm dikke eerdlaag is. Vanuit landbouwkundig oogpunt wordt de dikke organische stofrijke (5,1% OS) toplaag ook positief gewaardeerd. Ook bestaat het risico dat de landbouwkundige waarde van dit perceel na het aanbrengen van een vervangende bouwvoor blijvend op een lager niveau ligt dan nu het geval is. Als, ondanks de bezwaren, toch wordt gekozen voor deze oplossingsrichting, is het aan te bevelen de toplaag zo beperkt mogelijk te verwijderen en deze te 'verdunnen' door andere grond op te brengen en door de bouwvoor te mengen. Deze op te brengen grond heeft idealiter een fosfaattoestand in de klasse Arm en een directe P-beschikbaarheid P-CaCl₂ kleiner dan 0,5 mg P/kg. In deze situatie zou 15cm grond moeten worden verwijderd en 20cm grond moeten worden opgebracht en gemengd om de tussentijdse streefwaarde van P-CaCl₂ van 2,4 mg/kg te bereiken. Nadat deze tussentijdse streefwaarde is bereikt is het streven een negatief fosfaatbodemoverschot van minimaal 40 kg P₂O₅ per hectare om de directe P-beschikbaarheid verder te doen dalen naar 1,2 mg/kg. Deze op te brengen grond zou een organische stofrijke zandgrond moeten zijn met de specificaties organische stofgehalte van meer dan 3-4% en lutumgehalte <5%, waarbij de fijnheid van de zandfractie zoveel mogelijk overeen komt met die van de huidige bodem. De pH ligt bij voorkeur tussen 5 en 6 en de K-toestand wijkt ook niet teveel af van de huidige bodem (K-bodemvoorraad 2,5-3,5 mmol/kg en K-plant beschikbaar 125-150 mg K/kg). De grond mag geen zaden bevatten van soorten die schadelijk zijn voor vee en mag niet milieukundige verontreinigd zijn.
inbrengen van ijzeroxideslib	Het inbrengen van ijzeroxideslib lijkt een simpele en effectieve maatregel om het beoogde doel – verlagen van de directe P-beschikbaarheid in de toplaag van de bodem – snel te bereiken. Bij een gewenste daling tot de tussentijdse streefwaarde van 2,4 mg P/kg (van P-CaCl₂ 5,1) is 27 g Fe nodig per 10cm grond. Dit komt overeen met ongeveer 38 ton product/ha. Deze dosis zou als eerste basis gift kunnen worden aangehouden. Mogelijk is een kleine extra gift nodig. Door het in stappen toe te voegen en tussen door te meten kan worden nagegaan hoe de bodem reageert en kan worden voorkomen dat de fosfaattoestand te ver daalt. Toedienen en inwerken kan na de maïsoogst en voor de inzaai van vanggewas of gras. Voor toedienen is bodemonderzoek nodig om de variatie binnen het perceel en hoogte van de ijzeroxideslib-gift te bepalen.

Literatuurlijst

- Chardon, Groenendijk en Koopmans (2014) Immobiliseren fosfaat met ijzerslib. Landschap 2014/3
- Groenendijk P, Kros H, Postma R & Van Rotterdam D (2016) Handreiking bemesting PAS Natura 2000-gebieden in Overijssel. Alterra, Wageningen, 75 pp.
- Koopmans, G.F., W.J. Chardon & J.E. Groenenberg, 2010. Karakterisatie van ijzerslib en -zand. Rapport 2047, Alterra Wageningen.
- Koopmans G.F., T. Hiemstra, C. Vaseur, W.J. Chardon, A. Voegelin, J.E. Groenenberg (2020) Use of iron oxide nanoparticles for immobilizing phosphorus in-situ: Increase in soil reactive surface area and effect on soluble phosphorus. *Science of the Total Environment* 711 135220
- Postma R, Van Rotterdam D & De Pater J (2016) Tweede bodemonderzoek landbouwpercelen Landgoederen Oldenzaal. NMI-rapport 1645.16, NMI, Wageningen, 26 pp.
- Postma R, Van Rotterdam D & De Pater J (2016) Tweede bodemonderzoek landbouwpercelen Landgoederen Oldenzaal. NMI-rapport 1645.16, NMI, Wageningen, 26 pp.
- Provincie Overijssel (2019) Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal. Provincie Overijssel, Zwolle, 132 pp + bijlagen.
- Provincie Overijssel (2018) Stroomgebiedsrapportage, Landgoederen Oldenzaal, Uitwerkingsgebied Snoeijsinkbeek Bovenloop
- Schoumans, O. F., & Chardon, W. J. (2015). Phosphate saturation degree and accumulation of phosphate in various soil types in The Netherlands. *Geoderma*, 237–238, 325–335.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.015>
- Van Rotterdam D, R. Postma, M van Doorn 2021, Natuurontwikkeling Roeghoorn; Resultaten van 10 jaar uitmijnen en verschralen in het beekdal van het Oostervoortschediep, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1802.N.21, pp 45



Nutriënten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl

Toepassen ijzeroxideslib

Effect op uitspoeling zware metalen en bestrijdingsmiddelen

Debby van Rotterdam, Harm Gelderblom & Noud van Dam

Introductie

Op twee agrarische percelen in De Lutte, Overijssel wordt het toedienen van ijzeroxideslib aan de bodem voorbereid. Deze percelen hebben een hoge directe fosfaat (P) beschikbaarheid in de bouwvoor van de bodem. Beide percelen liggen op een helling naar de Liesketbeek en de aanwezigheid van keileem in de ondiepe ondergrond (+/- 50cm) maakt dat de percelen gevoelig zijn voor oppervlakkige afspoeling van fosfaat (P) naar de Liesketbeek. Deze beek mondt uit in de Snoeijinksbeek, een nabijgelegen Natura2000 gebied met een beekbegeleidend bos (vochtig alluviaal bos).

Met het aanbrengen van ijzeroxideslib wordt de hoeveelheid beschikbaar P ($P-CaCl_2$) in de bodem verlaagd om zo de af- en uitspoeling van fosfaat sterk te beperken. Ijzeroxideslib zorgt voor een toename van de P-bindingscapaciteit in de bodem. Hierdoor zal het negatief geladen P binden aan het positief geladen ijzer(hydr)oxide, waardoor de P-beschikbaarheid omlaag gaat. Voor de twee agrarische percelen in de Lutte is het doel om de directe P-beschikbaarheid ($P-CaCl_2$) te verlagen tot een streefwaarde van 1,2 mg P/kg. Het ijzeroxideslib zal gecontroleerd in twee keer worden toegediend om de $P-CaCl_2$ in stappen te verlagen. De exacte hoeveelheid wordt experimenteel bepaald. Deze stapsgewijze toediening is nodig om dat het proces waarmee P door het Fe-slib wordt gebonden onomkeerbaar is.

Eén van de twee percelen ligt in een grondwaterbeschermingsgebied (kadastraal perceel 5823). Speciaal voor dit perceel wordt in deze notitie dieper ingegaan op wat de mogelijke effecten van het toedien van ijzeroxideslib op vervuiling van het grondwater met zware metalen en/ of pesticiden kunnen zijn.

Vraagstelling

1. Wat is het effect van ijzeroxide op de mogelijke uitspoeling van zware metalen naar het grondwater?
2. Wat is het effect van waterijzer op de beschikbaarheid en uitspoeling van pesticiden

Methoden

De bovenstaande vraagstellingen worden beantwoord in de sectie resultaten. Deze resultaten zijn tot stand gekomen na literatuuronderzoek.

Ijzeroxideslib

Het ijzeroxideslib is een natuurlijk product dat vrijkomt als restproduct tijdens ontijzering van anaeroob grondwater voor de productie van drinkwater. Het is gevormd uit hetzelfde ijzer dat als kwelwater aan het oppervlak komt en is een verdunde suspensie van ijzer(hydr)oxide-deeltjes ($Fe(OH)_3$). In Nederland wordt circa 60% van het drinkwater geproduceerd uit grondwater; hierbij ontstaat een forse, doorlopende reststroom van ijzerslib (Koopmans et al., 2010).

Het ijzeroxideslib is licht- tot roodbruin van kleur, stabiel, geurloos en pH-neutraal tot licht basisch (7 – 8; AquaMinerals, 2016). Het is een vloeibare substantie met een droge stof gehalte van 7-8% (Aquamaterials, 2016). Sommige productielocaties van drinkwaterbedrijven worden gekenmerkt door hogere Ca-gehalten in het grondwater. Het waterijzer afkomstig van deze productielocaties bevat ten hoogste 12-13% droge stof calciumcarbonaat (Reststoffenunie, 2009).

Grondwater bevat lage concentraties zware metalen. Bij het onttrekken van ijzeroxideslib uit het grondwater komen deze elementen meer geconcentreerd in het ijzerslib terecht. Relevant zijn hier de zware metalen: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb en Zn, met als kritische stoffen kwik (Hg) en arseen (As). Onderzoek wijst uit dat in een enkele productielocatie sprake is van een overschrijding van vrijwel alle zware metalen bij toepassing op de bodem op basis van de natuurlijke achtergrondwaarden (besluit Bodemkwaliteit, Dorland et al., 2017). In dat onderzoek ging het om 52 ton waarbij de normen voor zware metalen werden overschreden, op een totale productie van 71189 ton product. Wat neerkomt op 0.07% van de totale productie tussen 2014 en 2016. In 99,3% van de gevallen voldoet het ijzeroxideslib aan de eisen die gesteld zijn aan het toedienen van zware metalen aan de bodem. Door de (sterk) bindende werking van ijzerhydroxide worden de zware metalen aan het slib gebonden (KWR et al., 2017; van der Grift, 2023). Door de lage oplosbaarheid blijven deze zware metalen preferent in deze vaste fase.

De samenstelling is weergegeven in onderstaande tabel (veiligheidsinformatieblad waterijzer Aquamaterials). De relatief hoge calciumgehalte is waarschijnlijk afkomstig van de marmerkorrels die worden gebruikt in het filterbed (Koopmans et al., 2010). Dit veroorzaakt waarschijnlijk ook de neutrale tot licht basische pH van het product. Dorland et al. (2017) geven aan dat voor de toepassing om P te binden in de bodem de verhouding tussen ijzer en P lager moet zijn dan 0.1. Dorland et al. (2017) geven verder aan dat andere verontreinigende stoffen (PAK's enz.) niet aanwezig zijn in ijzeroxideslib in meetbare en/of schadelijke concentraties.

Tabel 1. Samenstelling ijzeroxideslib (waterijzer, veiligheidsinformatieblad waterijzer Aquamaterials)

Samenstelling (gewichtspersentase op basis van droge stof):

Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O	:	80	-	100%
Inert (zand)	:	1	-	10%
Ca	:	<0,1	-	5%
P	:	0,1	-	4%
Al	:	<0,1	-	0,3%
Mg	:	<0,1	-	0,3%
Mn	:	<0,1	-	4%
Droge stof	:	7,5	-	30%

Toevoegen ijzeroxideslib aan de bodem en beschikbaarheid zware metalen

De hoeveelheid Fe dat wordt toegevoegd aan de bodem in verhouding tot de hoeveelheid Fe die reeds in de bodem aanwezig is (zeer) klein, en hangt af van zowel de dosis Fe-slib als van het initiële Fe gehalte in de bodem. In het betreffende perceel in de Lutte (kadastraal perceel 5823) is de hoeveelheid Fe in de vorm van ijzeroxides in de bodem 1900 mg Fe/kg grond in de bovenste 30cm (gemeten met een oxalaat extractie, Postma et al., 2016). Koopmans et al., (2020) hebben een veldproef uitgevoerd, waarbij een ijzertoevoeging van 10-15 g Fe/kg grond werd toegediend. Uitgaande van deze hoeveelheid is de hoeveelheid Fe dat wordt toegediend een factor 150 lager dan het Fe dat in de vorm van ijzer(hydr)oxiden in de bodem aanwezig is. Binnen de omstandigheden (voldoende zuurstof en voldoende hoge zuurgraad) van een landbouwbodem in het algemeen en ook het betreffende perceel is dit ijzeroxide stabiel.

Via het ijzerslib worden ook zware metalen in lage concentraties aan de bodem toegevoegd. Relevant zijn hier de zware metalen: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb en Zn, met als kritische stoffen kwik (Hg) en arseen (As). Het eenmalig toedienen van ijzeroxideslib en daarmee ook van zeer kleine hoeveelheden zware

metalen zal tot een toename leiden in de totaal gehalten van deze elementen in de bodem. Omdat deze elementen van nature ook in de bodem voorkomen is het afhankelijk van de Ausgangssituatie en de dosering afhankelijk of de totaal gehalten meetbaar toenemen. De gehalten die worden toegediend liggen echter rond de achtergrondgehalten in de bovenste 10 centimeter van de Nederlandse bodem (Chardon et al., 2014).

Totaalgehalten zijn echter in termen van beschikbaarheid voor gewas en watersysteem niet relevant. Totaalgehalten zijn geen maat voor de hoeveelheid die in de bodemoplossing beschikbaar is voor plant opname of voor uitspoeling naar het watersysteem. Daarom is het relevanter om het biobeschikbare gehalte te meten. In de studie van Dorland (2017) leidde het toedienen van ijzerslib tot gelijkblijvende of zelfs lagere direct beschikbaar gehalten zoals gemeten in een 0.01M CaCl₂ extract, voor: Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn. Significant was dit effect voor Al, As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, en Zn.

De gelijkblijvende of lagere biobeschikbaarheid van de zware metalen door het toedienen van ijzeroxideslib is het gevolg van de binding van deze elementen aan het ijzeroxideslib. Niet alleen de zware metalen die via het ijzeroxideslib worden toegediend werden dus gebonden maar ook de zware metalen die al in de bodemoplossing aanwezig waren. Een waarschijnlijke aanvullende reden waarom de biobeschikbaarheid gelijk bleef of afnam in de bodem is de verandering van de zuurgraad.

De zuurgraad van de bodem is een belangrijk sturend mechanisme voor biobeschikbaarheid van de verschillende elementen in de bodem. Het ijzeroxideslib heeft een pH tussen de 7 en 8 (Aquaminerals, 2016). De pH verhoging in de bodem hangt af van ijzeroxideslib dosering, van de initiële pH van de bodem en van de zuur bufferende werking van de bodem. Wanneer de initiële pH en zuurbuffering van de bodem laag is zal de pH verhoging aanzienlijk kunnen zijn, aangezien het verschil in pH tussen de bodem en het Fe-slib groter is. In eerdere studies is een (tijdelijke) verhoging van de bodem pH met 2,5 pH-eenheden tot een pH van 7 waargenomen (Koopmans et al., 2020, Chardon et al., 2014 Dorland et al., 2017). Deze studies toonden ook aan dat de pH verhoging sterk is gedurende de eerste 3-6 maanden. Daarna daalde de pH weer, maar bleef alsnog wel hoger dan initiële waarde. Uit praktijkproeven met ijzeroxideslib bleek dat verhoogde pH van de bodem ertoe leidde dat de reeds in de bodem aanwezige metalen sterker werden gebonden en daardoor verminderd direct beschikbaar werden (Dorland et al., 2017).

Bij het stijgen van de pH van de bodem veranderen de pH afhankelijke ladingen van bodemdeeltjes. Dit zijn vooral de ladingen van minerale kleiranden en organische stof (Gu et al., 2019; Harter, 1983). Deze worden meer negatief geladen. Als gevolg worden de zware metalen (= positief geladen) sterker gebonden waardoor de beschikbaarheid zal gaan dalen. De toename in de binding van zware metalen is al zichtbaar bij pH stijgingen vanaf een pH van 5 en dit fenomeen neemt toe bij hogere pH (pH 7-7.5, Harter, 1983).

Andere bodemkwaliteitsparameters zoals organische stof zullen naar verwachting niet meetbaar en merkbaar worden beïnvloed. De bodemstructuur verandert ook niet merkbaar na het toedienen van ijzerslib (persoonlijk contact Dr. Koopmans). Als gevolg van deze stijging van de zuurgraad nam de mineralisatie van organische stof in de bodem toe. Daarbij was het stikstofleverend vermogen (NLV) van de bodem tijdelijk hoger dan verwacht op basis van de bodemanalyse resultaten. Hier zou in de mestgift voor gecorrigeerd kunnen worden.

Ijzeroxideslib en het effect op pesticiden

Het effect van ijzeroxideslib op de biobeschikbaarheid en uitspoeling van pesticiden hangt af van een aantal factoren. Sommige pesticiden adsorberen aan kleimineralen en organische stof, waarbij vooral de adsorptie aan kleimineralen domineert (Iglesias et al., 2010). Het kleipercantage van het betreffende perceel is relatief laag (3%) en het organische stofgehalte is relatief hoog (5%). Door de verwachte verhoging van de bodem pH is de verwachting dat de binding van bestrijdingsmiddelen aan de klei- en organische stof eerder groter dan minder wordt.

De binding van bestrijdingsmiddelen aan het ijzeroxideslib zelf zal naar verwachting verwaarloosbaar klein zijn. Mogelijk zou een indirect effect kunnen optreden. IJzeroxiden kunnen complexen vormen met organische stof (Di Iorio et al., 2022). Wat het effect hiervan is op de beschikbaarheid (verhogend of verlagend) is niet bekend.

Daarnaast is het van belang dat op het betreffende perceel alleen ingezet zal gaan worden voor permanent grasland. Op permanent grasland is het gebruik van pesticiden zeer minimaal en vele malen kleiner dan in akkerbouwgewassen (Van den Hout et al., 2023). Sporadisch en lokaal kunnen herbiciden worden ingezet tegen soorten die giftig zijn voor het vee.

Effect ijzeroxideslib op het grondwater

Het betreffende perceel (kadastraal perceel 5823) ligt op een helling naar de Liesketbeek en keileem is ondiep (+/-50 cm) aanwezig. Hierdoor is de kans op uitspoeling naar het grondwater gering.

Ondanks dat er zware metalen aan de bodem worden toegevoegd met het ijzeroxideslib zal het risico op uitloging van zware metalen door het toedienen van ijzeroxideslib gelijk blijven of afnemen (Koopmans et al., 2010, 2020; Dorland et al., 2017). Voor het risico op uitloging zijn niet totaalgehalten relevant maar de beschikbaarheid van deze elementen in de bodem. Door de bindingscapaciteit van het ijzeroxideslib en de verhoging van de bodem pH blijft de biobeschikbaarheid van zware metalen in de bodem gelijk of neemt deze af.

Door het toedienen van ijzeroxideslib zal de beschikbaarheid van pesticiden naar verwachting ook gelijk blijven of mogelijk afnemen. De kans dat bestrijdingsmiddelen in het grondwater terechtkomen op het betreffende perceel is klein omdat de ondoordringbare keileem laag in de ondiepe ondergrond ervoor zorgt dat er geen directe verbinding is met het grondwater.

Conclusie

IJzeroxideslib is een natuurlijk restproduct van de drinkwaterwinning. Chemisch gezien is het product stabiel. Onder de heersende bodemomstandigheden die nodig zijn voor agrarische productie (ontwaterd en zuurgraad tussen 5 en 7,5) zal dit product ook stabiel blijven.

IJzerrijk drinkwaterslib heeft de status van bijproduct. Voor het toedienen ervan als product om fosfaat te binden in bodems gelden de Wet Natuurbescherming en de zorgplicht bodem (Dorland et al, 2017). Onderzoek heeft aangetoond dat de toepassing van drinkwaterslib geen nadelige effecten heeft op de bodem. Door bij de selectie van geschikte drinkwaterslibben de concentraties aan zware metalen als één van de selectiecriteria mee te nemen, wordt voorkomen dat de natuurlijke achtergrondwaarden voor deze metalen worden overschreden (Dorland et al., 2017).

Het gevaar dat de uitspoeling van zware metalen toeneemt als gevolg van het toedienen van ijzeroxideslib is afwezig. Ondanks dat er zware metalen aan de bodem worden toegevoegd met het ijzeroxideslib zullen de Fe-oxiden in het slib de metalen sterk binden. Bovendien zal de verhoging van de pH van de bodem door de toevoeging van het licht basische ijzeroxideslib zorgen voor een hogere bindingscapaciteit van organische stof en kleimineralen voor zware metalen die initieel al aanwezig zijn in de bodem.

Het effect van ijzeroxideslib op de beschikbaarheid en uitspoeling van pesticiden is onzeker. In theorie zou van bepaalde stoffen de beschikbaar, en daarmee de uitspoeling, afnemen door een sterkere binding aan klei en organische stof als gevolg van een verhoging van de bodem pH. Dit is niet onderzocht. Het gevaar voor de drinkwatervoorziening zal voor dit perceel echter gering zijn aangezien er minimaal direct contact is met het grondwater door de aanwezigheid van een ondiepe (+/- 50cm diepte) ondoordringbare keileemlaag. Daarnaast zal het betreffende perceel alleen nog worden ingezet als permanent grasland waar het gebruik van pesticiden zeer beperkt is.

Literatuur

Aquaminerals. (2016). *Veiligheidsinformatieblad Waterijzer.*

Chardon, W. J., Groenenberg, J. E., & Koopmans, G. F. (2014). *Immobiliseren fosfaat met ijzerslib.* January.

Claudio, C., Iorio, E., Liu, Q., Jiang, Z., & Barrón, V. (2018). *Iron Oxide Nanoparticles in Soils : Environmental and Agronomic Importance Iron Oxide Nanoparticles in Soils : Environmental and Agronomic Importance.* January. <https://doi.org/10.1166/jnn.2018.15294>

Di Iorio, E., Circelli, L., Angelico, R., & Tan, W. (2022). *Chemosphere Environmental implications of interaction between humic substances and iron oxide nanoparticles : A review.* 303(March). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135172>

Gu, S., Kang, X., Wang, L., Lichtfouse, E., & Wang, C. (2019). Clay mineral adsorbents for heavy metal removal from wastewater : a review. *Environmental Chemistry Letters*, 17(2), 629–654. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0813-9>

Harter, R. D. (1983). *Effect of Soil pH on Adsorption of Lead, Copper, Zinc, and Nickel.* 1130. <https://doi.org/10.2136/sssaj1983.03615995004700010009x>

Iglesias, A., López, R., Gondar, D., Antelo, J., Fiol, S., & Arce, F. (2010). Adsorption of paraquat on goethite and humic acid-coated goethite. *Journal of Hazardous Materials*, 183(1–3), 664–668. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.07.077>

Koopmans, G. F., Chardon, W. J., & Groenenberg, J. E. (2010). *Karakterisatie van ijzerslib en-zand.* Alterra Report, 2047.

Koopmans, G. F., Hiemstra, T., Vaseur, C., Chardon, W. J., Voegelin, A., & Groenenberg, J. E. (2020). Science of the Total Environment Use of iron oxide nanoparticles for immobilizing phosphorus in-situ : Increase in soil reactive surface area and effect on soluble phosphorus. *Science of the Total Environment*, 711, 135220. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135220>

KWR, Alterra WUR, & BWare. (2017). *Toepassing van drinkwaterslib op fosfaatrijke gronden natuurontwikkeling.*

Reststoffenunie. (2009). *Verzoek tot plaatsing Waterijzer op bijlage Aa Uitvoeringsregeling Meststoffenwet.*

Van der Grift, B. (2023). *Rol van droogte en vernatting bij mobiliteit metalen in het landelijk gebied.*

Van den Hout M., J. de Wit, M. Bruinenberg, N. Hoekstra, P. Struyk, J. Pijlman, N. van Eekeren (2023) *Grasland maakt het verschil. Extra waarden -boven productie- in stikstofdiscussies en verder.* Louis Bolk Instituut Publicatienummer 2023-013 LbD.

Samenstelling ijzeroxideslib in relatie tot normstelling bodemkwaliteit

Om te toetsen of het toedienen van ijzeroxideslib uit St Jansklooster voldoet aan de normen ter bescherming van de bodemkwaliteit zijn de volgende stappen toegepast.

1. Dosering is op basis van literatuur en de drogestofgehalte (9%) en het ijzergehalte (340 g Fe/kg ds) van het slib omgerekend naar kg product per kg grond. De literatuur beoogde de P-CaCl₂ zo laag mogelijk te krijgen. Dat is bij dhr. Snippert expliciet niet het geval. Hier moet de directe P-beschikbaarheid dalen tot een concentratie van in eerste instantie rond 2,4 mg P/kg en in tweede instantie richting 1,2 mg P/kg. De dosering komt hierbij zeer nauw. Waar in de literatuur een dosering van 10-15 g Fe-oxide per kg grond werd gehanteerd is het uitgangspunt hier dat 1 tot 5 g Fe-oxide per kg grond wordt gedoseerd. Dit leidt tot een range van 20 tot 100 g product per kg grond (licht groen gearceerd in onderstaande tabellen).
2. Voor arseen en de verschillende zware metalen is voor de verschillende doseringen berekent hoeveel van dit element per kg grond zou worden toegediend.
3. Deze gehalten uitgedrukt per kg grond zijn vergeleken met de normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling (donker groen in onderstaande figuur) die zijn overgenomen uit de landelijke referentiewaarden ter onderbouwing van maximale waarden in het bodembeleid (<https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/@131970/nobo-normstelling-bodemkwaliteitsbeoordeling/>)

De conclusie is dat bij de te hanteren doseringen geen van de zware metalen of arseen de normstelling vanuit de wet bodembescherming overschrijdt.

g FeOx/kg grond	g Fe/kg grond	kg product /kg grond
15	9,6	0,31
10	6,4	0,21
5	3,2	0,10
2,5	1,6	0,05
1	0,6	0,02

Samenstelling ijzeroxideslib St Janskklooster				mg element/kg grond bij een dosering kg product/ kg soil van:					Normstelling** mg/kg grond
Anorganis parameters	mg/kg ds	mg/kg product*		0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	
arseen (As)	110	9,9		2,97	1,98	0,99	0,50	0,20	20
barium (Ba)	730	65,7		19,71	13,14	6,57	3,29	1,31	190
cadmium (Cd)	< 0,2	0,018		0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,6
chrom (Cr)	21	1,89		0,57	0,38	0,19	0,09	0,04	55
kobalt (Co)	3,8	0,342		0,10	0,07	0,03	0,02	0,01	15
koper (Cu)	< 5	0,45		0,14	0,09	0,05	0,02	0,01	40
kwik (niet v (Hg)	< 0,05	0,0045		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
lood (Pb)	< 10	0,9		0,27	0,18	0,09	0,05	0,02	50
molybdeen (Mo)	< 1,5	0,135		0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	1,5
nikkel (Ni)	6	0,54		0,16	0,11	0,05	0,03	0,01	30
zink (Zn)	< 20	1,8		0,54	0,36	0,18	0,09	0,04	140
aluminium (Al)	800	72		22	14	7	4	1	
calcium (Ca)	57000	5130		1539	1026	513	257	103	
fosfor als f (P ₂ O ₅)	16000	1440		432	288	144	72	29	
ijzer (Fe)	340000	30600		9180	6120	3060	1530	612	
magnesium (Mg)	1700	153		46	31	15	8	3	
mangaan (Mn)	2900	261		78	52	26	13	5	

* Drogestofgehalte van 9%

**Normstelling bodemkwaliteitsbeoordeling; landelijke referentiewaarden ter onderbouwing van maximale waarden in het bodembeleid

Reactie op uitwerking en voorwaarden omgevingsdienst Twente op toepassing waterijzer

Auteurs D. van Rotterdam en L. van Schöll

Inleiding

Omgevingsdienst Twente heeft een advies verstrekt voor het toepassen van ijzeroxideslib (waterijzer) als fosfaatbindende maatregel op landbouwpercelen in grondwaterbeschermingsgebied Enschede-Losser (zaaknummer Z2023-ODT-015008). De omgevingsdienst stemt, onder voorwaarden, in met het toepassen van waterijzer voor deze toepassing. Dit besluit en onderliggende voorwaarden zijn door de omgevingsdienst Twente onderbouwd aan de hand van drie vragen:

1. Mag ijzer(hydr)oxideslib afkomstig van de drinkwatersector (drinkwaterslib) worden toegepast op landbouwgrond als maatregel ter vermindering van uit- en afspoeling van fosfaat (in en buiten het grondwaterbeschermingsgebied Enschede-Losser)? Zo ja, onder welke voorwaarden?
2. Welke goedkeuring(en) heeft Vitens (van de Omgevingsdienst) nodig om de afvalstof drinkwaterslib (ijzerhydroxideslib) in de markt te mogen zetten als (bij-) product (productnaam: waterijzer)?
3. Is een REACH-registratie voldoende om de afvalstof drinkwaterslib (ijzerhydroxideslib) in de markt te mogen zetten (en transporteren) als (bij-)product (productnaam: waterijzer)?

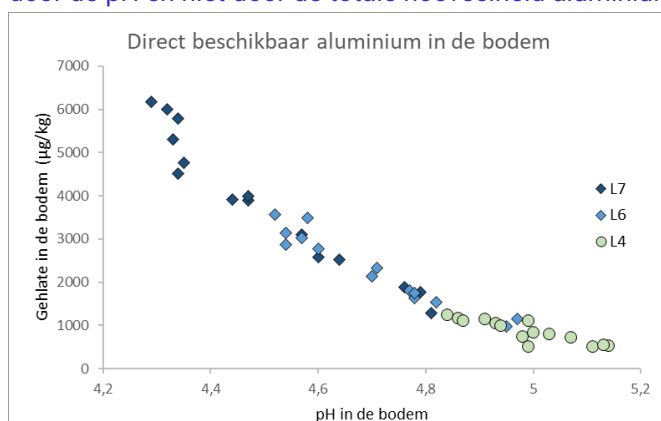
Deze drie vragen heeft de omgevingsdienst Twente afzonderlijk beantwoord, inclusief de randvoorwaarden. Daarnaast zijn een drietal algemene voorwaarden geformuleerd op basis van een aantal uitgangspunten. In deze notitie worden achtereenvolgens de overwegingen, de voorwaarden en de beantwoording van de drie vragen besproken. [De reactie van het NMI op één van deze onderdelen is in deze notitie in kobalt blauw geschreven.](#)

Overwegingen omgevingsdienst Twente

- Doel van het toepassen van het waterijzer is het binden van fosfaat aan de bodem zodat dit niet langer uitspoelt naar oppervlakte water en grondwater.
- Het waterijzer heeft geen constante samenstelling, de gehalten aan zware metalen kunnen variëren. Over het algemeen geldt: hoe hoger het percentage onopgeloste stof, hoe hoger de concentratie zware metalen, hoe beter de werking.
- Voor het toepassen van waterijzer is de Wet bodembescherming - artikel 13 zorgplicht van toepassing. Voor toepassen binnen een grondwaterbeschermingsgebied is de zorgplicht van artikel 3.1.1.2 Omgevingsverordening Overijssel 2017 eveneens van toepassing
- Het lozen van afvalwater op de bodem buiten inrichtingen is geregeld in Besluit lozen buiten inrichtingen (Blbi): in artikel 1 van het Blbi wordt een definitie van lozen gegeven. Voor het waterijzer is een REACH-verklaring afgegeven, zodat er geen sprake is van afvalwater. Het Blbi is niet van toepassing.
- Door de samenstelling (hoge ijzergehalte) van het slib kan het niet worden aangemerkt als grond/baggerspecie. Het Besluitbodembodemkwaliteit is voor de toepassing als grond/baggerspecie niet

van toepassing. Toepassen als bouwstof is niet mogelijk aangezien bij een bouwstof terugneembaarheid een vereiste is.

- Het toepassen van het slib leidt tot een verhoging van de pH-waarde, waardoor ook zware metalen beter aan de bodem gebonden worden. De omgevingsdienst formuleert het aandachtspunt dat het pH-effect mogelijk tijdelijk is en zware metalen na verloop van tijd weer uitspoelen. Doordat extra zware metalen worden toegevoegd, kan deze uitspoeling versterkt plaatsvinden. Een mestgift kan de pH verlagen, geadviseerd wordt de percelen waar het waterijzer wordt toegepast niet meer te bemesten.
 - De pH van de bodem is in principe aan verandering onderhevig. Echter, de bodemchemie werkt zo dat de verandering van de pH wordt gebufferd; in kalkloze zandgronden zorgt de uitwisseling aan het klei-humuscomplex ervoor dat de verandering langzaam gaat en het in oplossing gaan van ijzer- en aluminium (hydr-)oxiden zorgt ervoor dat de pH van de bodem niet onder een bepaald niveau komt. Met de toevoeging van waterijzer worden zeer kleine hoeveelheden metalen toegevoegd ten opzichte van de hoeveelheid ijzer(hydr-)oxide. De ijzer(hydr-)oxide verhoogt ook de buffering van de zuurgraad. Het is niet de verwachting dat de zuurgraad weer zal dalen.
 - Daarnaast is het ook niet de verwachting dat extra metalen zullen uitspoelen wanneer de pH mogelijk weer daalt tot het originele niveau. Dit komt omdat het in oplossing gaan van metalen óók wordt gebufferd door chemische processen in de bodem. Voor deze processen is de pH vaak sturend. Dit is in onderstaande figuur getoond voor de drie deelgebieden waar het waterijzer zal worden toegepast. De hoeveelheid direct beschikbaar aluminium wordt bepaald door de pH en niet door de totale hoeveelheid aluminium in de bodem.



- In de betreffende percelen zal de verandering van de zuurgraad na het toepassen van waterijzer worden gemonitord. Wanneer de pH toch daalt, zal een passende kalkgift worden gegeven waardoor de pH weer stijgt en de beschikbaarheid van de metalen in de bodemoplossing (sterk) daalt.
- Organische mest is basisch. Het toevoegen van organische mest zorgt niet voor een verlaging van de bodem pH. Sommige vormen van kunstmest hebben wel een verzurende werking in de bodem. In de normale agrarische praktijk wordt daarom ook standaard onderhoudsbekalking gehanteerd. Voor alle biologische en chemische processen in de bodem en voor een goede beworteling van het gewas is een agronomisch optimale zuurgraad van toepassing. Op zandgrond is een pH tussen 5 en 6 optimaal. Agrariërs sturen daarop door te bekalken. Deze percelen zijn landbouwpercelen waar bemesting is toegestaan. Het niet toestaan van bemesting is niet aan de orde en ook niet nodig om uitspoeling van metalen te beperken.
- IJzerwaterslib is zonder problemen alleen toepasbaar op droge zandgronden. De bodemopbouw op de toepassingslocatie bestaat in de bovenste circa 0,5 meter uit zandgrond, met daaronder keileem. Deze zandlaag laag lijkt geschikt voor de toepassing. Voor de onderliggende keileemlaag is deze methode niet geschikt. **De omgevingsdienst formuleert het aandachtspunt dat het organische stof gehalte van 5%, mogelijk voor een mindere werking van het waterijzer zorgt.**

- Om de dosering optimaal af te stemmen op de bodemsamenstelling ter plaatse zijn twee sporen bewandeld. In het eerste spoor zijn de percelen opgedeeld in kleinere deelgebieden op basis van hoogteligging (AHN4) en historisch landgebruik (topotijdreis.nl). Per deelgebied is de bodemsamenstelling en fosfaattoestand in detail onderzocht. Alleen die deelgebieden waar de directe beschikbaarheid van fosfaat in de bodemoplossing te hoog is, zal waterijzer worden toegepast. In het tweede spoor is per deelgebied een doseringsproef uitgevoerd waarin het waterijzer in verschillende doseringen is toegepast op bodemonsters van de verschillende deelgebieden. Zo is bepaald waar toepassing van het waterijzer nodig is, en welke dosis het gewenste effect sorteert zonder het milieu te verontreinigen.
- Door de methode wordt P niet verwijderd, het is niet meer biologisch beschikbaar. De bindingen die met fosfaat worden gevormd zijn stabiel, ook onder veranderende pH-omstandigheden. Het is niet de verwachting dat fosfaat na verloop van tijd weer gaat uitspoelen. Door eventuele nieuwe inspoeling van fosfaat van buiten de locatie zijn mogelijk nieuwe injecties met ijzerwaterslib noodzakelijk. Door die nieuwe injecties kan een accumulerend effect van zware metalen optreden dat ongewenst is. De kans dat overschrijdingen van de achtergrondwaarden met zware metalen in de bodem optreden die op den duur uitspoelen naar het grondwater wordt daarmee vergroot. Daarmee lijkt het toepassen van ijzerwaterslib vooral een korte termijn oplossing.
 - Het toepassen van waterijzer is eenmalig (zo nodig in meerdere doseringen om overdosering te voorkomen) omdat het de bindingscapaciteit van de bodem voor fosfaat ter plaatse blijvend verhoogt. Fosfaat is een molecuul dat sterk bindt aan de bodem, in meer detail aan het oppervlak van ijzer(hydr-)oxide in de bodem. Door de sterke binding is fosfaat heel weinig mobiel. Alleen bij hoge verzadiging van het oppervlak dat fosfaat bindt, neemt de fosfaatconcentratie in de bodemoplossing toe en daarmee het risico dat het uitspoelt naar het oppervlaktewater. Nieuwe inspoeling van fosfaat van buiten de locatie is NIET relevant. Buiten deze deelgebieden is de directe fosfaatbeschikbaarheid laag.

Voorwaarden omgevingsdienst Twente

Omgevingsdienst Twente stelt de volgende voorwaarden aan de toepassing van drinkwaterslib in het kader van natuurherstel als fosfaatbindende maatregel binnen het grondwaterbeschermingsgebied:

1. De toepasser van drinkwaterslib moet kunnen aantonen dat de producent/leverancier over de benodigde certificaten beschikt om drinkwaterslib als bijproduct te mogen leveren voor het beoogde doel;
 - Het waterijzer wordt vermarkt door Aquaminerals. Een certificaat van Aquaminerals betreffende de bijproduct status van waterijzer is toegevoegd.
2. De toepasser van drinkwaterslib moet kunnen onderbouwen wat het nut is van de toepassing en dat er niet meer ijzerwater wordt toegepast dan nodig om het beoogde doel te bereiken;
 - **Nut van de toepassing:** Het doel van het toepassen van het waterijzer is het verlagen van de directe beschikbaarheid van fosfaat in de bodem om zo het risico op uitspoeling naar het oppervlaktewater te voorkomen. De beek waar de percelen op afwateren is een zijloop van de Snoeijinksbeek. Langs de Snoeijinksbeek is N2000 beekbegeleidend bos dat beschermt dient te worden tegen de aanvoer van te veel nutriënten. Deze maatregel beoogt het beschermen van dit beekbegeleidend bos (N2000).
 - **Dosering waterijzer:** zoals hierboven beschreven is de dosering zo zorgvuldig als mogelijk vastgesteld. Zo is bepaald waar toepassing van het waterijzer precies nodig is, en welke dosis het gewenste effect sorteert. Percelen zijn opgedeeld in deelgebieden en per deelgebied is de dosering afgestemd op de fosfaatbeschikbaarheid. Daarbij is ook onderzocht wat het effect is op de beschikbaarheid van metalen. Resultaten zijn in de bijlage gepresenteerd.
3. In het toe te passen drinkwaterslib mogen geen zware metalen, organische microverontreinigingen of bij het productieproces gebruikte hulpstoffen zitten boven de detectielimiet.

- Het toe te passen product (waterijzer uit de drinkwaterwinning in Spannenburg) heeft geen organische verontreinigingen boven de detectielimiet. Van de metalen zijn arseen, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel en zink onder de detectielimiet (zie onderstaande tabel uit het analyserapport van het product). Enkele metalen liggen niet onder de detectielimiet. Dit zijn aluminium, barium, calcium, ijzer, magnesium en mangaan.
 - Calcium en magnesium zijn gewenste toevoegingen omdat deze bijdragen aan de basenbezetting van het klei-humuscomplex, wat de zuurbuffering en bodemvruchtbaarheid van de bodem verhoogt.
 - IJzer is uiteraard ook gewenst want daar is het in deze toepassing om te doen. De verhouding tussen fosfor en ijzer moet in het product zo laag mogelijk zijn voor deze toepassing. In dit product is (omgerekend naar moleculen) 300 keer zoveel ijzer als fosfor aanwezig. De verzadiging van het ijzer met fosfor is 3%. Dit is laag en gunstig voor deze toepassing.
 - Wat overblijft is dat aluminium, barium en mangaan boven de detectielimiet aanwezig zijn in het product. Voor aluminium en mangaan zijn geen normen vastgelegd, niet vanuit bodemkwaliteitsbeoordeling, en ook niet vanuit de mestwetgeving. Voor barium is vanuit bodemkwaliteit een normstelling van 190 mg/kg GROND. Bij de maximale dosering van 80 ton product per hectare leidt dit tot een bariumgehalte dat 37 keer onder deze norm ligt.

Anorganische parameters - metalen		
aluminium (Al)	mg/kg ds	160
Q arseen (As)	mg/kg ds	< 4,0
Q barium (Ba)	mg/kg ds	1300
Q cadmium (Cd)	mg/kg ds	< 0,20
calcium (Ca)	mg/kg ds	54000
Q chroom (Cr)	mg/kg ds	< 10
fosfor als P ₂ O ₅	mg/kg ds	29000
Q ijzer (Fe)	mg/kg ds	380000
Q kobalt (Co)	mg/kg ds	< 3,0
Q koper (Cu)	mg/kg ds	< 5,0
Q kwik (Hg) (niet vluchtig)	mg/kg ds	< 0,05
Q lood (Pb)	mg/kg ds	< 10
magnesium (Mg)	mg/kg ds	820
Q mangaan (Mn)	mg/kg ds	2000
Q molybdeen (Mo)	mg/kg ds	< 1,5
Q nikkel (Ni)	mg/kg ds	< 4
Q zink (Zn)	mg/kg ds	< 20

- In de doseringsproef is onderzocht wat het effect is van het toepassen van waterijzer op de beschikbaarheid van verschillende metalen. Voor alle metalen nam de beschikbaarheid af door het toedienen van waterijzer. De resultaten zijn getoond in de bijlage van dit document.
- Geconcludeerd wordt dat met het toepassen van waterijzer in een maximum dosering van 100 ton product per hectare (wat slechts op 1 van de 4 deelgebieden van toepassing is) de normen van geen van de metalen wordt overschreden en de beschikbaarheid van de metalen in de bodem – en daarmee het risico op uitspoeling naar het watersysteem verlaagd wordt.

Reactie en advies omgevingsdienst Twente op de drie vragen

Vraag 1.

Mag ijzer(hydr)oxideslib afkomstig van de drinkwatersector (drinkwaterslib) worden toegepast op landbouwgrond als maatregel ter vermindering van uit- en afspoeling van fosfaat (in en buiten het grondwaterbeschermingsgebied Enschede-Losser)? Zo ja, onder welke voorwaarden?

Reactie. Ja, ijzer(hydr)oxideslib afkomstig van de drinkwatersector (drinkwaterslib) mag worden toegepast op landbouwgrond als maatregel ter vermindering van uit- en afspoeling van fosfaat (in en buiten het grondwaterbeschermingsgebied Enschede-Losser). Het toepassen van het

ijzer(hydr)oxideslib mag niet leiden tot overschrijdingen van de AW2000-waarden voor zware metalen. Op de langere termijn lijkt het (meervoudig) toepassen van ijzerwaterslib geen goede oplossing.

Voorwaarden. De voorwaarden die gesteld worden in uw vraagstelling moeten aangevuld worden met de volgende voorwaarden:

1. Toepassen van het slib mag niet leiden tot verslechtering van de bodem en grondwaterkwaliteit (zorgplicht artikel 13 Wbb en artikel 3.1.1.2 Omgevingsverordening Overijssel 2017).
 - De verwachte dosering van het toe te passen waterijzer zal niet leiden tot een verslechtering van de bodem- en grondwaterkwaliteit. Dit is gebaseerd op:
 - De samenstelling van het product uit de drinkwaterwinning Spannenburg;
 - De gemeten effecten van het toedienen van het product aan de bodem op de beschikbaarheid van fosfaat en metalen (zie bijlage);
 - De lokale hydrologische setting waarin het perceel niet direct afwatert op het grondwater, maar op het oppervlaktewater.
2. Om de toegestane hoeveelheid ijzer(hydr)oxideslib die mag worden toegepast te kunnen bepalen is het noodzakelijk dat de nulsituatie voor grond en grondwater wordt vastgelegd.
 - De nulsituatie voor grond is vastgesteld. In eerste instantie is het perceel als geheel onderzocht. Met het uitwerken van de toepassing van waterijzer zijn deelgebieden binnen de percelen nader onderzocht. Voor deze deelgebieden zijn de algemene bodemkenmerken (organische stof, klei-, silt-, zandgehalte en kleihumuscomplex) bepaald. Daarnaast is de zuurgraad en de zuurbuffering bepaald. Voor alle nutriënten én metalen zijn meerdere fracties bepaald: totaal, uitwisselbare fractie dat aan het kleihumuscomplex is gebonden en de direct beschikbare fractie.
 - De nulsituatie voor grondwater is niet vastgesteld. Voor het betreffende perceel is dit ook niet van toepassing omdat door de aanwezigheid van een niet tot zeer slecht doorlatende keileemlaag en de helling in het perceel, deze niet direct op het grondwater afwatert. Het perceel watert via ondiepe stroombanen of op de aangrenzende beek. Het grondwater is niet bemonsterd omdat daarvoor door de keileemlaag heen geboord moet worden en de meting geen relatie heeft met het daar boven liggende perceel.
3. Na injectie moet de bodemkwaliteit worden bepaald
 - Om de dosering zorgvuldig te doen wordt beoogd om het ijzerwater niet in een keer te doseren. De vastlegging van fosfaat is onomkeerbaar en een overdosering is onwenselijk. Na de eerste dosering – waarin de helft van de totaal dosering wordt toegediend – vindt een bemonstering van de bodem plaats. In deze bemonstering wordt niet alleen de directe beschikbaarheid van fosfaat gemeten maar ook de pH en de concentratie metalen. Na de tweede dosering gebeurt dit nogmaals.
4. Na afloop moet de eindsituatie worden bepaald. Gemonitord moet worden of de natuurlijke pH-waarde zich herstelt en wat voor invloed dat heeft op uitspoeling van zware metalen.
 - Om de ontwikkelingen en het doelbereik goed in de gaten te houden wordt op de deelgebieden waar het ijzerwater is toegepast gemonitord. Dit gebeurt 1 en 2 jaar na toedienen van het ijzerwater. In de bodem worden naast de fosfaattoestand ook de zuurgraad en de metaalgehalten in de bodem gemeten. Aanvullend op het bodemonderzoek wordt het eerste en tweede jaar ook voederwaarde onderzoek uitgevoerd. Hiermee wordt de samenstelling van het gras gemonitord. Naast het fosforgehalte zullen ook metaalgehalten in het gras worden gemeten. Dit wordt gedaan voor de eerste en tweede snede waarbij per perceel twee plukmonsters worden genomen.
5. Tevens moet een fall-back scenario worden opgesteld met maatregelen die genomen kunnen worden indien blijkt dat grond en grondwater verontreinigd raken.

- Het fall-back scenario zal worden opgesteld. Gezien het sterke verband tussen de beschikbaarheid van de metalen en de zuurgraad van de bodem zal de mitigerende maatregel zijn gebaseerd op het geven van een kalkgift om de bodem pH weer te verhogen.
6. Het drinkwaterslib moet met minimale verstoring van de bodemstructuur worden geïnjecteerd. Aanbevolen wordt om een zodenbemester te gebruiken die is uitgerust met zogenaamde 'ganzenvoeten'
- Om het ijzerwater goed door de bodem te kunnen mengen, moet de bodemstructuur van de toplaag van de bodem (bovenste 25 cm) worden verstoord. Er zal zorg worden gedragen dat de bodemstructuur niet wordt beschadigd door niet onder natte omstandigheden te werken. Door het agrarisch gebruikt zijn de betreffende percelen regelmatig geploegd waardoor de toplaag van de bodem is gemengd. Voor de toediening is de aanpak dat het product bovengronds wordt uitgereden om een optimale verspreiding te waarborgen. Daarna wordt het goed door de toplaag goed gemengd. Deze werkwijze heeft de voorkeur boven een ganzenvoet omdat het homogeen door de bodem wordt gemengd en niet in banen op een bepaalde diepte wordt ingebracht.
7. Na injectie van het slib mag het perceel alleen worden gebruikt als grasland.
- Het perceel zal alleen worden gebruikt als grasland.

Vraag 2.

Welke goedkeuring(en) heeft Vitens (van de Omgevingsdienst) nodig om de afvalstof drinkwaterslib (ijzerhydroxideslib) in de markt te mogen zetten als (bij-)product (productnaam: waterijzer)?

Reactie.

Voor ijzer(hydr)oxideslib/waterijzer zijn momenteel noch een Europese verordening, noch een Nederlandse ministeriële regeling van kracht met criteria op basis waarvan een bijproductstatus kan worden bepaald. Dit betekent dat voor iedere toepassing van waterijzer een toetsing zal moeten plaatsvinden op basis van de in artikel 1.1, ~~zesde~~ vierde lid, van de Wm gestelde voorwaarden (zie kader), om te bepalen of wordt voldaan aan de criteria voor bijproduct. Het vierde lid van artikel 1.1 is van toepassing op bijproducten, het zesde lid geeft de voorwaarden voor een 'einde afval' status. Dat laatste is niet van toepassing.

Wat betreft de toepassing van het waterijzer op landbouwgrond blijkt uit het verzoek dat wordt voldaan aan de voorwaarden onder a, b en c (zie kader). Wat betreft de voorwaarden onder d. moet nog nadere informatie aangeleverd worden waaruit blijkt dat het specifieke gebruik niet zal leiden tot over het geheel genomen ongunstige effecten op het milieu of de menselijke gezondheid. Zie ook de voorwaarden die gesteld worden bij onze reactie bij vraag 1. Zie reacties bij vraag 1.

De voorwaarde onder Wm lid 1.1. lid 4d luidt "verder gebruik is rechtmatig, inhoudende dat de stoffen, mengsels of voorwerpen voldoen aan alle voorschriften inzake producten, milieu en gezondheidsbescherming voor het specifieke gebruik en zal niet leiden tot over het geheel genomen ongunstige effecten op het milieu of de menselijke gezondheid ".

Voor de beoordeling van de effecten van een toepassing waterijzer op een landbouwbodem kan gebruik gemaakt worden van het beoordelingskader voor meststoffen in de Meststoffenwetgeving. In het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (UBm) worden maximale waarden gegeven voor zware metalen en arseen die in meststoffen aanwezig mogen zijn. De hier bedoelde toepassing van het waterijzer is vergelijkbaar aan een toepassing als meststof of bodemverbeteraar, met het verschil dat de hier beoogde toepassing eenmalig is, terwijl een toediening met een meststof een jaarlijkse herhaling is. Voor één van de deelgebieden is een maximale dosering van 80 ton waterijzer vastgesteld voor het bedoelde effect op de percelen. De andere deelgebieden hebben een lagere dosering.

Uit de onderstaande tabel is aangegeven dat bij een dosering van 80 ton waterijzer de hoeveelheid zware metalen en arseen onder de maximale toelaatbare dosering blijft. Daarbij moet bedacht worden dat de dosering met ijzerwater eenmalig is, terwijl de toetsing is gebaseerd op een jaarlijkse toediening. Voor de gehalten aan zware metalen en arseen in het product is uitgegaan van de detectielimiet voor deze elementen. Dit is een maximum, de daadwerkelijke waarden in het product zijn (veel) lager.

Voor aluminium, barium en mangaan is in de meststoffenwet geen maximale dosering vastgesteld. De meststoffenwet stelt enkel grenswaarden voor elementen waarvan aannemelijk is dat deze in een overmaat in meststoffen voor zouden kunnen komen en dat dit schadelijke effecten heeft op de bodem en milieu. Aluminium is een hoofdbestanddeel van de bodem waardoor een achtergrondwaarde niet is vastgesteld. Mangaan is een meststof en daarmee niet gemaximeerd. Barium is niet geïdentificeerd als een risicostof in meststoffen.

Element	Dosering			Maximaal toelaatbare dosering UBm	
IJzerwater	Ton per ha		80		
Cd	g per ha	<	1,3	2,5	52%
Cr	g per ha	<	66	150	44%
Cu	g per ha	<	33	150	22%
Hg	g per ha	<	0,33	1,50	22%
Ni	g per ha	<	26	60	44%
Pb	g per ha	<	66	200	33%
Zn	g per ha	<	131	600	22%
As	g per ha	<	26	30	87%

* In de Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, bijlage II, tabellen 1 en 2 worden maximale waarden gegeven. De waarden zijn uitgedrukt per waardegevende bestanddeel en gekoppeld aan referentiegiften van deze waardegevende bestanddelen. De hier weergegeven maximale gehalten zijn hieruit berekend.

Op de vraag of Vitens het waterijzer “in de markt” mag zetten als bijproduct is onze reactie dat dit kan wanneer de toepassing bekend is en er voor die specifieke toepassing een positieve beoordeling heeft plaatsgevonden aan de voorwaarden van artikel 1.1, zesde vierde lid, van de Wm (zie kader).

Artikel 1.1, eerste lid van de wet milieubeheer

Een bijproduct is per definitie geen afvalstof. Het begrip afvalstof is gedefinieerd in artikel 1.1, eerste lid van de wet milieubeheer (hierna ‘Wm’). Alle stoffen, preparaten [mengsels] of voorwerpen, waarvan de houder zich ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen. Het kernelement “zich ontdoen” is niet nader gedefinieerd in de wet. Wel blijkt uit de rechtspraak van het Hof van Justitie van de Europese Unie dat dit begrip dient te worden uitgelegd door alle omstandigheden van het geval in aanmerking te nemen. Hierbij dient onder meer te worden gelet op de tweeledige milieudoelstelling van het afvalstoffenrecht, zoals verwoord in artikel 1 van Richtlijn 2008/98 betreffende afvalstoffen (hierna “Kaderrichtlijn afvalstoffen” of “Kra”):

- voorkoming en vermindering van afvalproductie en de negatieve gevolgen van afvalproductie;
- beheer; en - beperking van de algehele gevolgen van het gebruik van hulpbronnen en de verbetering van de efficiëntie van dergelijk gebruik.

Voor het kunnen aanmerken van een stof, mengsel of materiaal als bijproduct moet worden voldaan aan hetgeen hierover is vastgelegd. Indien er Europese of nationale bijproductcriteria zijn vastgesteld, moet de bijproductstatus worden beoordeeld op basis van deze bijproductcriteria. Als er geen bijproductcriteria zijn vastgesteld kan de status van een afvalstof worden bepaald op basis van artikel 1.1, zesde vierde lid van de Wm: “Stoffen, mengsels of voorwerpen die het resultaat zijn van een productieproces dat niet in de eerste plaats is bedoeld voor de productie van die stoffen, mengsels

of voorwerpen worden niet als afvalstoffen maar als bijproducten beschouwd indien wordt voldaan aan de volgende voorwaarden:

- a. het is zeker dat de stoffen, mengsels of voorwerpen zullen worden gebruikt;
- a. de stoffen, mengsels of voorwerpen kunnen onmiddellijk worden gebruikt zonder enige verdere behandeling anders dan die welke bij normale productie gangbaar is;
- b. de stoffen, mengsels of voorwerpen worden geproduceerd als een integraal onderdeel van een productieproces;
- c. verder gebruik is rechtmatig, inhoudende dat de stoffen, mengsels of voorwerpen voldoen aan alle voorschriften inzake producten, milieu en gezondheidsbescherming voor het specifieke gebruik en zal niet leiden tot over het geheel genomen ongunstige effecten op het milieu of de menselijke gezondheid."

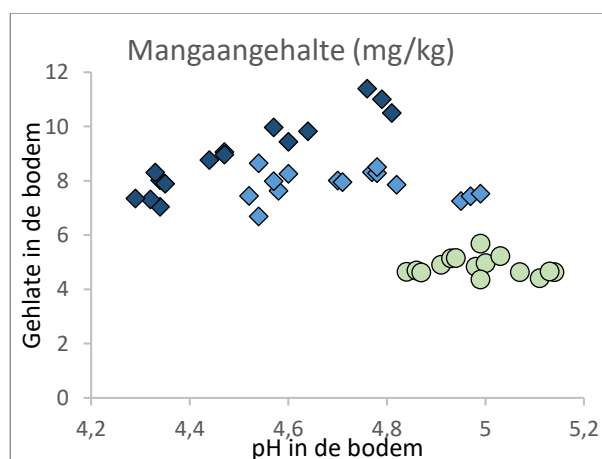
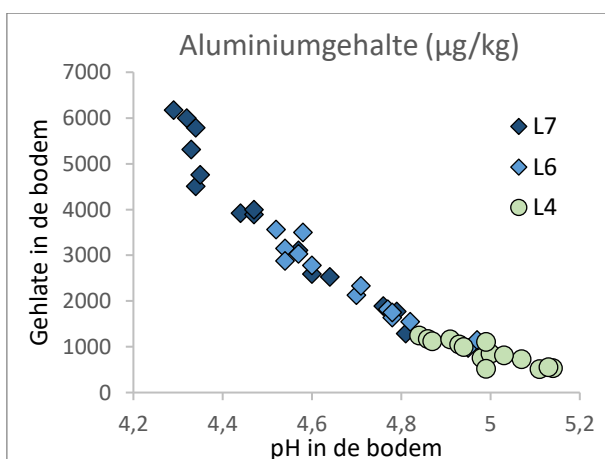
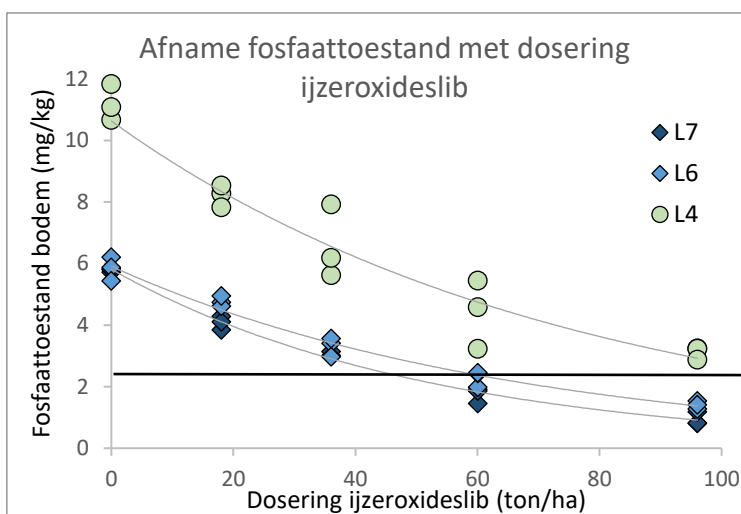
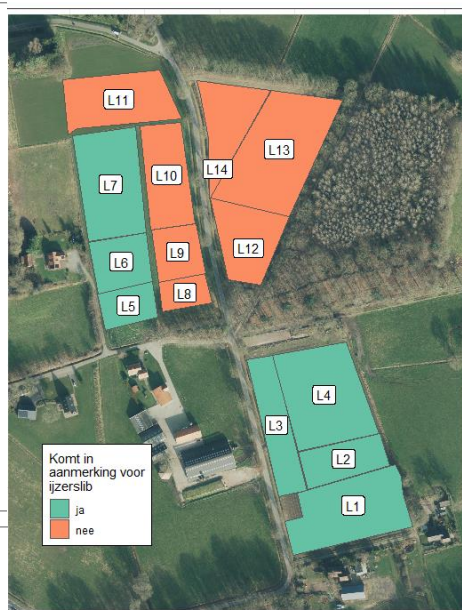
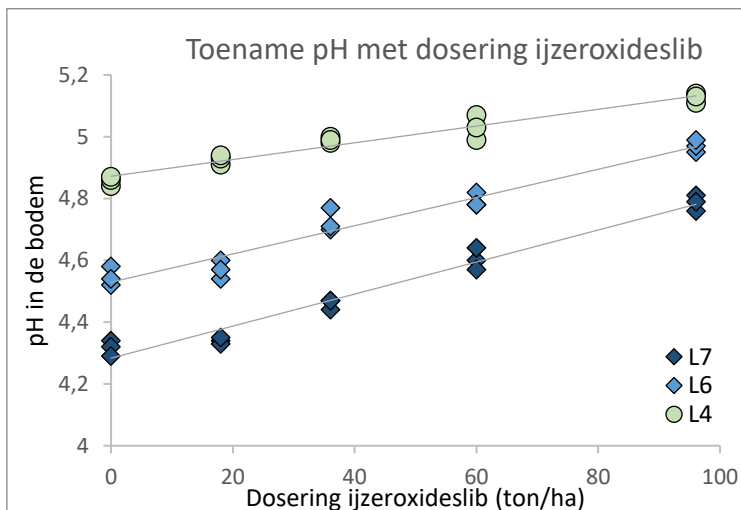
Vraag 3.

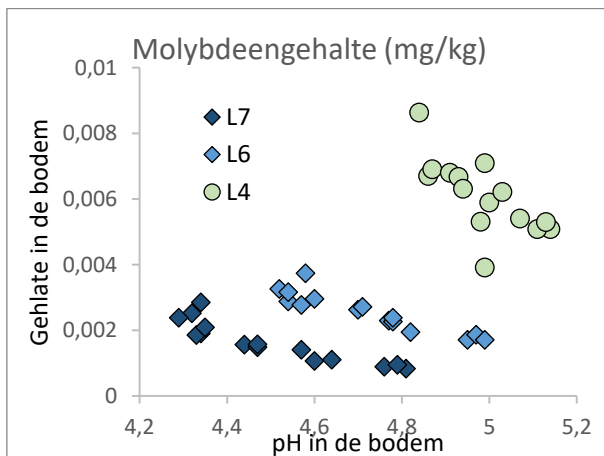
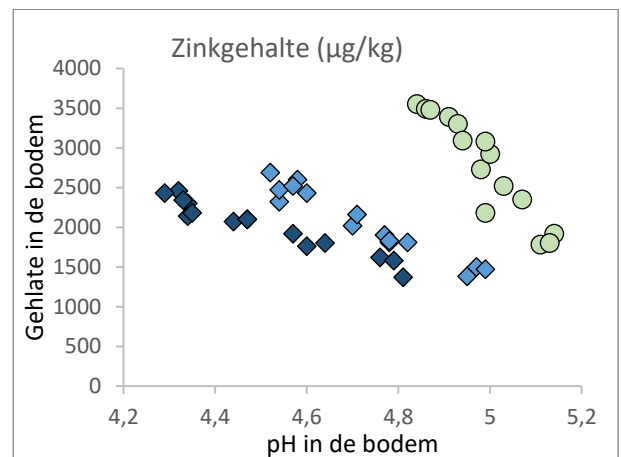
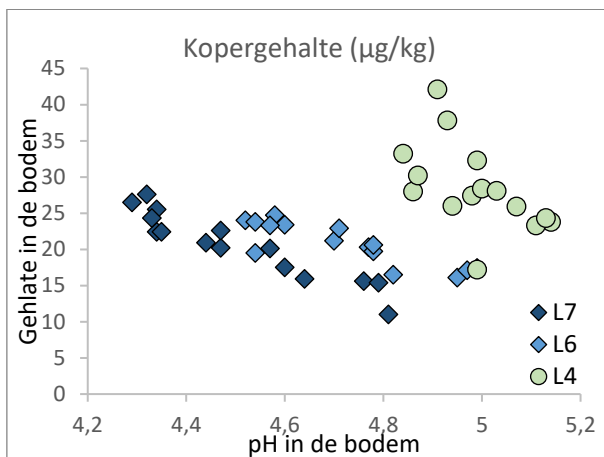
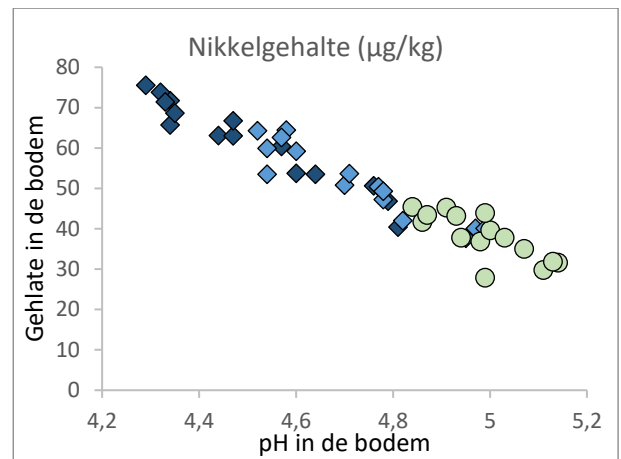
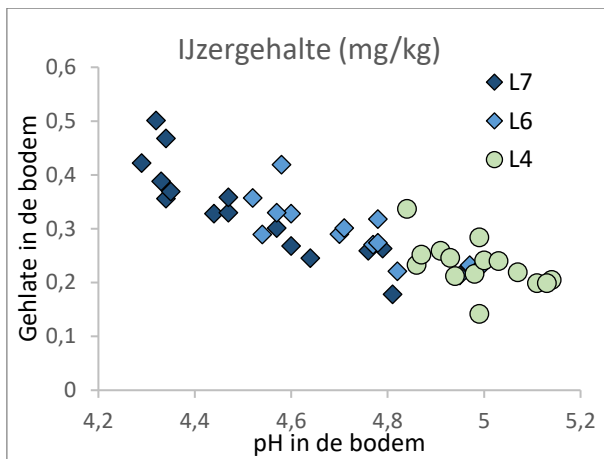
Is een REACH-registratie voldoende om de afvalstof drinkwaterslib (ijzerhydroxideslib) in de markt te mogen zetten (en transporteren) als (bij-)product (productnaam: waterijzer)?

Reactie. De REACH Verordening bepaalt dat producenten en importeurs de chemische stoffen en mengsels die zij importeren, produceren en verkopen in de EU moeten registreren. Is de chemische stof of het mengsel niet geregistreerd, dan mag deze sinds 1 juni 2018 niet meer op de Europese markt worden gebracht. De REACH registratie is een voorwaarde om het product op de markt te mogen brengen. Voor transport is een specifieke verklaring bijproductstatus nodig, die aangeeft welk product vervoerd wordt. Daarnaast moet voor de specifieke toepassing een beoordeling plaatsvinden aan de voorwaarden van artikel 1.1, ~~zesde~~ **vierde** lid, van de Wm. [Zie beoordeling onder vraag 2.](#)

Bijlage

Onderstaande figuren laten de relatie zien tussen het toevoegen van waterijzer aan de bodem en het effect op pH en de beschikbaarheid van fosfaat. Daaronder staan figuren met de relatie tussen beschikbare gehalten van metalen in de bodem in relatie tot pH van de bodem in dezelfde doseringsproef. De doseringsproef is uitgevoerd voor de deelgebieden L1, L3, L5, L6 en L7 (zie onderstaande kaart). Alleen de resultaten van L4, L6 en L7 zijn getoond omdat in de deelgebieden L1 en L5 de directe fosfaat beschikbaarheid al laag is en iet beperkend voor de waterkwaliteit. Op deze deelgebieden zal daarom ook geen waterijzer worden toegepast.







Fosfaattoestand percelen te Losser

Ruimtelijke variatie in de fosfaatbeschikbaarheid en het
beperken van fosfor uitspoeling met ijzeroxideslib

D. van Rotterdam

M. van Doorn

D. Thijssen

H. Gelderblom

Referaat

Van Rotterdam, D., van Doorn, M., Thijssen, D., Gelderblom, H., 2024, Fosfaattoestand percelen te Losser. Ruimtelijke variatie in de fosfaatbeschikbaarheid en het beperken van fosfor uitspoeling met ijzeroxideslib, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1992.N.23, pp 23.

© 2024 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Mevr. Hissink, provincie Overijssel

digitaal

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies	2
1 Inleiding	4
1.1 Doelstelling huidig onderzoek	5
2 Theoretisch kader	7
2.1 Het gedrag van fosfaat in de bodem	7
2.2 Het verlagen van de directe P beschikbaarheid middels het toedienen van ijzeroxideslib	8
3 Aanpak	11
3.1 Ruimtelijke variatie	11
3.2 Het verlagen van de directe P beschikbaarheid middels het toedienen van ijzeroxideslib	13
4 Resultaten en discussie	15
4.1 Ruimtelijke variatie	15
4.2 Toedienen van ijzeroxideslib	19
4.2.1 Het verlagen van de directe P beschikbaarheid	19
4.2.2 Beschikbaarheid metalen	21
5 Conclusies	23
Literatuur	24
Bijlage I Productblad waterijzer Aquaminerals	25
Bijlage II Samenstelling waterijzer Aquaminerals	27
Bijlage III Grove incubatieproef	39
Bijlage IV Analyseresultaten bodem	41
Bijlage V IJzeroxideslib en beschikbaarheid metalen	44

Samenvatting en conclusies

De provincie Overijssel heeft de opgave om in het Natura 2000-gebied Landgoederen Oldenzaal onder andere het habitatype vochtig alluviaal bos (beekbegeleidend bos) langs de Snoeyinksbeek te herstellen en te beschermen. Hiervoor moeten de risico's die de ontwikkeling en instandhouding van dit doel in de weg staan zoveel mogelijk worden weggenomen. Van drie percelen van mts. Snippert te Losser (die buiten het N2000-gebied liggen), is in een eerder onderzoek bepaald dat deze een verhoogd risico geven op verliezen van fosfor (P) naar een zijloop van de Snoeyinksbeek (Liesketbeek). De provincie en mts. Snippert zijn een aantal maatregelen overeengekomen die gericht zijn op het verlagen van het risico op fosfaatverliezen van de percelen naar de Liesketbeek. Sluitstuk binnen deze maatregelen is het doel om de directe P beschikbaarheid in de bodem volvelds te verlagen. Uit een voorgaand onderzoek (Van Rotterdam et al., 2023) leek voor twee van de drie percelen (5823 en 6771) het toedienen van ijzeroxideslib een kansrijke maatregel om dit doel snel en kosteneffectief te bereiken. Voor het derde perceel (H6990) is het verschil tussen de actuele en gewenste directe P-beschikbaarheid klein. Het toedienen van ijzeroxideslib is hier niet van toepassing. Mts. Snippert wordt de optie geboden om een aan perceel 5823 grenzend perceel aan te schaffen (voorheen kadastraal perceel 7845). Dit perceel is in 2023 opgedeeld in de kadastrale percelen 10622 en 10624 ten oosten en noorden van perceel 5823.

Het doel van voorliggend onderzoek is:

1. Voor de twee percelen met een verhoogde P-beschikbaarheid (kadastrale percelen 5823, 6771) de ruimtelijke variatie binnen deze percelen in bodemeigenschappen, en met name de fosfaatbeschikbaarheid, in beeld te brengen.
2. Voor deze twee percelen (5823, 6771) de toepassing en dosering van ijzeroxideslib nader te onderbouwen voor de deelgebieden waar dit een kansrijke maatregel is.
3. Voor het perceel waar de directe P-beschikbaarheid slechts beperkt is verhoogd (6990) een advies op te stellen om de slechte bodemstructuur en slechte hydrologische omstandigheden te verbeteren.
4. De fosfaattoestand van het nieuw aan te kopen perceel (10622 en 10624) te onderzoeken.

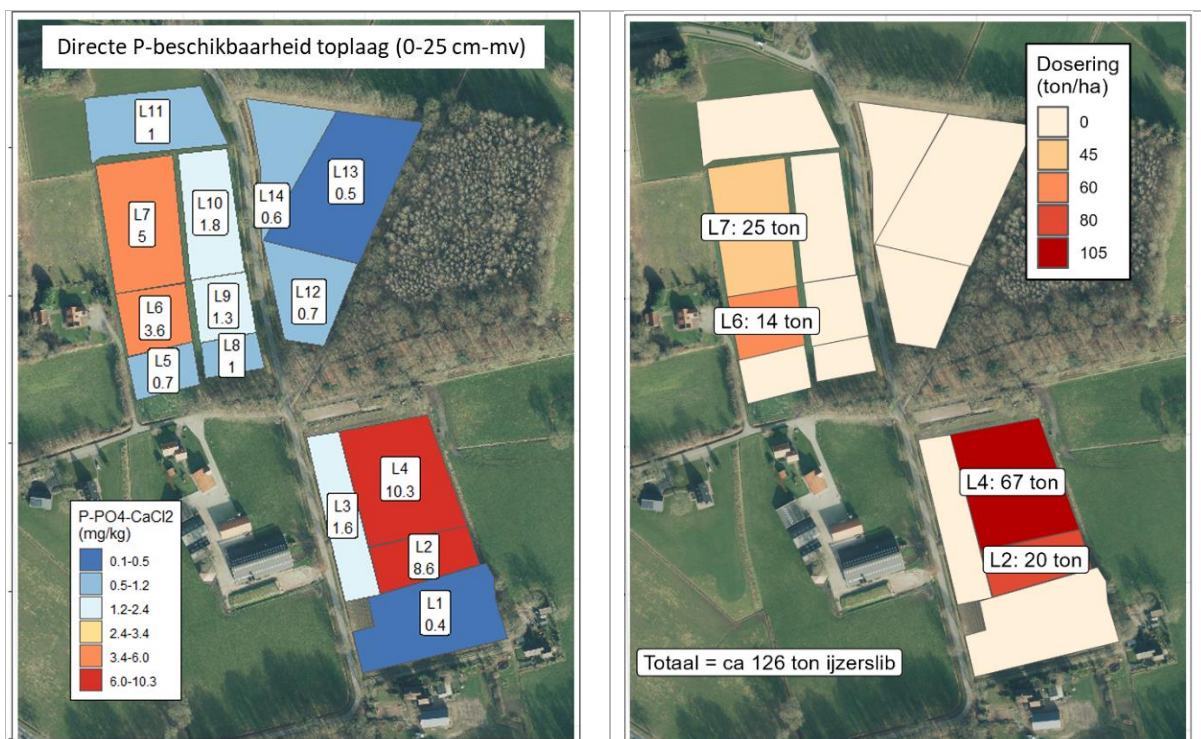
Om de ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen in beeld te brengen zijn de te onderzoeken percelen in 14 deelgebieden onderverdeeld en is per deelgebied de bodem op twee dieptes (0-25cm en 25cm tot de onderzijde van de A-horizont/begin van de keileemlaag) bemonsterd. De grondmonsters zijn onder andere geanalyseerd op meerdere fosfaatfracties (P_{CaCl2} , P_{AL} , P_{OX} , FVG), parameters die belangrijk zijn voor fosfaatbinding (Fe_{OX} , Al_{OX}), het organische stofgehalte, pH en textuur. Om de dosering van ijzeroxideslib te bepalen zijn incubatieproeven uitgevoerd met grond van vijf deelgebieden (0-25cm bodemlaag) en ijzeroxideslib van de Aquaminals-locatie Sint Jansklooster. Bij de incubatieproef is de grond van elk deelgebied met vijf verschillende doseringen ijzeroxideslib geïncubeerd (in triplo). Hierna is naast het effect op de directe P-beschikbaarheid (P_{CaCl2}) ook het effect op zuurgraad (pH_{CaCl2}) en beschikbaarheid van metalen bepaald.

Het onderzoek heeft tot de volgende inzichten geleid:

- De directe P-beschikbaarheid (P_{CaCl2}) van de bodem varieert sterk tussen en binnen percelen:
 - Op de twee percelen 5823 en 6771 was in eerder onderzoek de fosfaatbeschikbaarheid hoog en leek het toedienen van ijzeroxideslib kansrijk. Dit nader onderzoek toont aan dat de directe P-beschikbaarheid sterk varieert binnen deze percelen. Op enkele delen (deelgebieden L2 en L4 op perceel 6771 en L6 en L7 op perceel 5823) is de directe P-beschikbaarheid hoog (P_{CaCl2} van 3.9-9.6 mg kg⁻¹ in de bovenste 25cm van de bodem) en is de toepassing van ijzeroxideslib kansrijk om de directe P-beschikbaarheid te verlagen. Op andere delen (deelgebied L5 perceel 5823 en deelgebieden L1 en L3 perceel 6771) is echter de directe P-beschikbaarheid dusdanig

laag (P_{CaCl_2} 0.9-1.5 mg kg⁻¹ in de bovenste 25cm van de bodem) dat het risico op fosforverliezen laag is en het toedienen van ijzeroxideslib niet nodig is.

- Op de percelen 10624 en 6990 is de directe P-beschikbaarheid laag tot neutraal (P_{CaCl_2} 0.5-2.0 mg kg⁻¹ in de bovenste 25cm van de bodem) en is de toepassing van ijzeroxideslib niet nodig.
- De incubatieproeven laten een duidelijke afname zien in de directe P-beschikbaarheid na het toedienen van ijzeroxideslib, waarbij het effect van de toediening deelgebied-specifiek is door verschillen in de initiële P-beschikbaarheid en maximale P-bindingscapaciteit van de bodem.
- Voorgesteld wordt de directe P-beschikbaarheid in twee stappen tot het gewenste niveau te verlagen. Als eerste dosering wordt een ijzeroxideslib toediening van 20 ton (80 ton ha⁻¹) op deellocatie L2, 67 ton (105 ton ha⁻¹) op deellocatie L4, 14 ton (60 ton ha⁻¹) op deellocatie L6 en 25 ton (45 ton ha⁻¹) op deellocatie L7 geadviseerd. In totaal is daarmee circa 126 ton ijzeroxideslib nodig. De doseringen zijn gebaseerd op het verlagen van de directe P-beschikbaarheid naar een P_{CaCl_2} tussendoel van 2.4 mg kg⁻¹. Na monsternamen van de bodem zal de hoogte van de tweede gift worden bepaald, die als doel heeft om de directe P-beschikbaarheid tot het einddoel van circa 1.2 mg kg⁻¹ (P_{CaCl_2}) te verlagen.
- De doseringsproeven tonen aan dat de beschikbaarheid van zware metalen in de bodem afneemt met het toedienen van ijzeroxideslib als gevolg van de lichte stijging in de pH van de bodem.



Figuur 1 Directe P-beschikbaarheid in de onderzochte percelen en deelgebieden (links) en de aanbevolen eerste dosering ijzeroxideslib om de directe P beschikbaarheid (P_{CaCl_2}) te verlagen (rechts). Doseringen zijn zowel in ton/ha (kleuren) en in totaal aantal ton (label, omgerekend op basis van het oppervlak van de deelgebieden) weergegeven.

- Voor het driehoekige perceel (kadastraal perceel 6990), is, in tegenstelling tot eerder onderzoek, de directe P-beschikbaarheid lager dan de streefwaarde ($P_{CaCl_2} < 1.2$ mg kg⁻¹) die nodig is om het risico van P-uitspoeling maximaal te beperken. Geadviseerd wordt om de bodemstructuur op dit perceel te verbeteren. Advies is om voor inzaai van het gras in het voorjaar van 2024 een compostgift van 50 ton ha⁻¹ toe te passen en goed te mengen door de bouwvoor.
- Het perceel dat mogelijk kan worden overgenomen door mts. Snippert (kadastrale percelen 10622 en 10624) heeft een vrij hoge beschikbare bodemvoorraad, maar de directe P-beschikbaarheid is laag. Er worden geen aanvullende maatregelen geadviseerd om de directe P-beschikbaarheid te verlagen, het voorkomen van erosie van bodemdeeltjes naar de aangrenzende beek is voldoende.

1 Inleiding

De provincie Overijssel heeft de opgave om in het Natura 2000-gebied Landgoederen Oldenzaal onder andere het habitatype vochtig alluviaal bos (beekbegeleidend bos) langs de Snoeyinksbeek te beschermen. Hiervoor moeten de risico's die de ontwikkeling en instandhouding van dit doel in de weg staan worden verwijderd. Van drie percelen van mts. Snippert te Losser, die buiten het N2000-gebied liggen, is bepaald dat deze een verhoogd risico geven op verliezen van fosfor (P) naar de Liesketbeek. Dit is een zijloop van de Snoeyinksbeek waar het N2000 habitatype vochtig alluviaal bos langs ligt. Achtergronden, doelen en de uitwerking van maatregelen staan beschreven in het Inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal 5 december 2023 (Provincie Overijssel, 2023), Stroomgebiedsrapportage Snoeyinksbeek bovenloop 8 november 2018 (Provincie Overijssel, 2018), Natura 2000 beheerplan Landgoederen Oldenzaal 2016 (Provincie Overijssel, 2016).

De provincie Overijssel en mts. Snippert zijn het eens over de beoogde maatregelen voor de drie percelen die een verhoogd risico vormen voor fosfor verliezen naar de Liesketbeek:

- Maïspelden omzetten naar permanent grasland, inclusief scheurverbod;
- Geen drainage;
- Bemestingsvrije zone tot 10 meter breed langs beek met de aanleg van een randdam. Op de bemestingsvrije zone dient wel jaarlijks gemaaid en afgevoerd te worden.

Voor de drie percelen is met name het risico op oppervlakkige afspoeling en ondiepe uitspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater van belang. De percelen hebben een fosfaattoestand die landbouwkundig wordt geclassificeerd als ruim tot hoog. Ze liggen op een helling richting de beek en hebben ondiepe keileem waardoor water met opgelost fosfaat snel oppervlakkig kan afspoelen en ondiep kan uitspoelen naar de aangrenzende beek. Voor deze percelen zijn bemestingsvrije bufferstroken en een randdam in combinatie met maaien en afvoeren van de vegetatie en het omzetten naar permanent grasland de meest effectieve maatregelen om de nutriëntenbelasting van de Liesketbeek te beperken. Deze maatregelen grijpen effectief in op het beperken van afspoeling, uitspoeling en erosie van bodemdeeltjes. Het omzetten van maïs naar permanent grasland verlaagt het risico op een verhoogde P-emissie uit de percelen omdat permanente graspercelen niet worden gescheurd, jaarrond groen zijn en een hogere P-onttrekking hebben dan maïs. Dit zorgt voor een betere sponswerking en water- en nutriëntenhuishouding in de bodem. Aanvullend mogen deze percelen niet zijn gedraineerd om versnelde afvoer van water en nutriënten te voorkomen.

Aanvullend op deze maatregelen heeft het Nutriënten Management Instituut (NMI) in opdracht van Provincie Overijssel een advies gegeven over het verlagen van de fosfaattoestand van de bodem en meer specifiek de directe fosfaatbeschikbaarheid in de bodem (Van Rotterdam en Postma, 2023). Voor twee van de drie percelen is het toedienen van ijzeroxideslib aan de bodem als geschikte oplossingsrichting benoemd. Dit betreft de kadastrale percelen 5823 en 6771 (Figuur 1.1). Door de grote fosfaatbindingscapaciteit van dit product wordt het gemakkelijk beschikbaar fosfaat in de bodem snel en effectief verlaagd.

Voor het derde perceel (kadastraal perceel 6990 in Figuur 1.1) is het verschil tussen de actuele en gewenste directe P-beschikbaarheid klein. Het toedienen van ijzeroxideslib is hier niet van toepassing.

Het gewenste resultaat kan naar verwachting snel worden gerealiseerd door het handhaven van een netto negatieve P-balans. Niet alleen minerale meststoffen, maar juist ook het toedienen van organische stofrijke meststoffen / bodemverbeteraars is op dit perceel wenselijk vanuit het oogpunt van bodemkwaliteit. Het verbeteren van de slechte bodemstructuur en slechte hydrologische omstandigheden werkt positief door op de gewasgroei – en daarmee op de P-onttrekking – en op de nutriëntenbenutting.

Mts. Snippert wordt de optie geboden om een aan perceel 5823 grenzend perceel aan te schaffen (kadastrale percelen 10622 en 10624 in Figuur 1.1). Voor deze percelen is nog geen bodemonderzoek uitgevoerd. Onderzoek is nodig om het risico op fosforverliezen te bepalen en welke daarbij horende mitigerende maatregelen nodig zijn, mits de mts. daaraan medewerking wil verlenen.



Figuur 1.1 Ligging van de percelen van mts. Snippert (drie oranje gekleurde percelen) ten noorden van Losser en percelen die in de bemestingsmaatregelenwijzer zijn geïdentificeerd als percelen met een verhoogd risico op P-emissies naar het oppervlaktewater. Aan te kopen percelen (perceelnummers 10622 en 10624) zijn groen gemarkeerd. De kadastrale perceelgrenzen zijn wit omlinnend.

1.1 Doelstelling huidig onderzoek

Het doel van voorliggend onderzoek is:

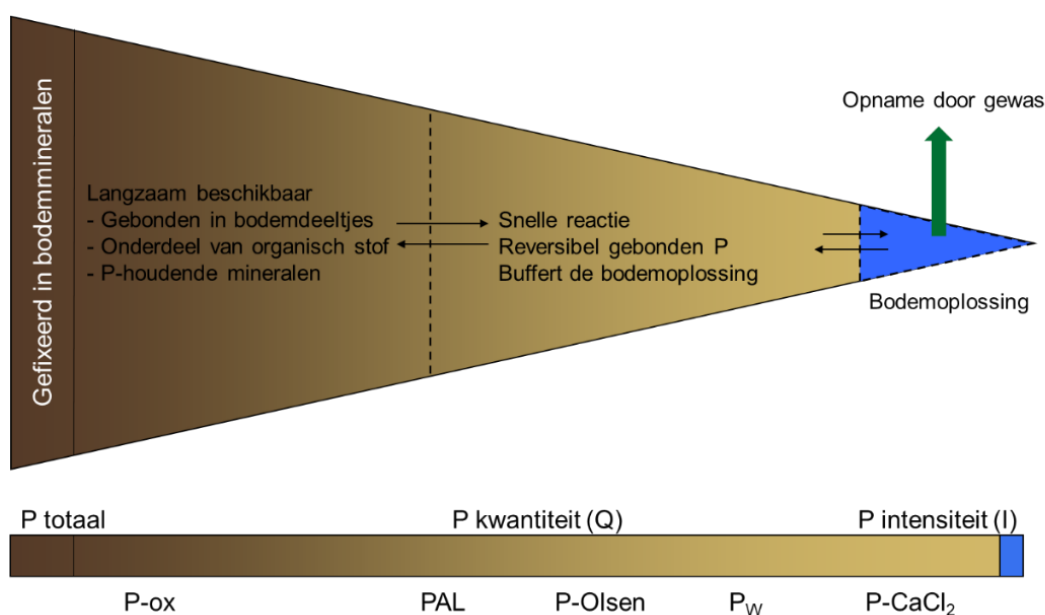
1. Voor de twee percelen met een verhoogde P-beschikbaarheid (5823, 6771) de ruimtelijke variatie binnen deze percelen in bodemeigenschappen, en met name de fosfaatbeschikbaarheid, in beeld brengen.
2. Voor de twee percelen met een verhoogde P-beschikbaarheid (5823, 6771) de toepassing en dosering van ijzeroxideslib nader onderbouwen voor de deelgebieden waar dit een kansrijke maatregel is om de directe P beschikbaarheid tot een gewenst niveau te verlagen.
3. Voor het perceel waar de directe P-beschikbaarheid slechts beperkt is verhoogd (6990) een advies opstellen om de slechte bodemstructuur en slechte hydrologische omstandigheden te verbeteren.
4. De fosfaattoestand van het nieuw aan te kopen perceel (kadastrale percelen 10622 en 10624) onderzoeken.

2 Theoretisch kader

2.1 Het gedrag van fosfaat in de bodem

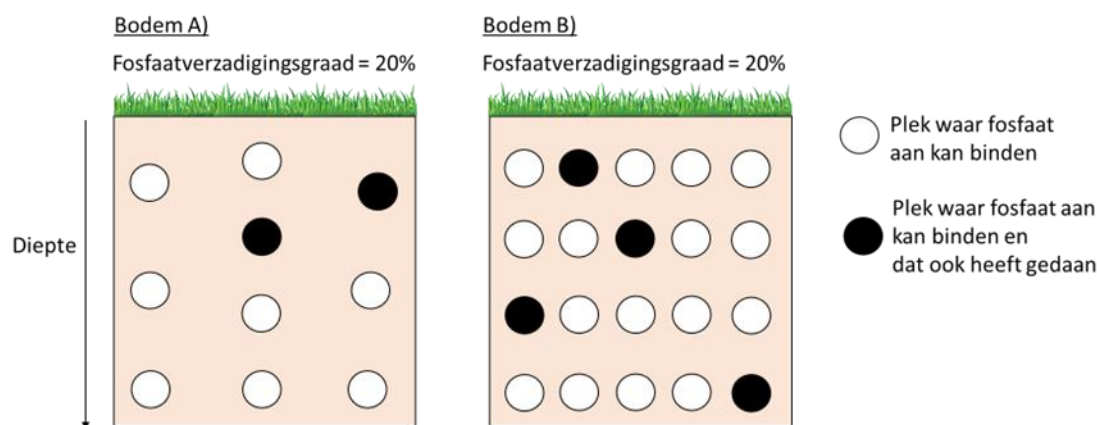
Fosfaat zit in meerdere vormen in de bodem, waarbij onderscheid gemaakt kan worden in hoe sterk het gebonden is aan bodemdeeltjes. Om grip te krijgen op de verschillende vormen van fosfaat wordt onderscheid gemaakt tussen drie groepen:

- Direct beschikbaar fosfaat (rechterkant van de driehoek in Figuur 2.1). Dit betreft fosfaat wat in de bodemoplossing aanwezig is en daarom direct door een plant kan worden opgenomen. Deze vorm van fosfaat wordt gemeten met een calcium chloride extractie (P_{CaCl_2}) en wordt ook wel P-intensiteit genoemd.
- Reversibel gebonden fosfaat (midden van de driehoek in Figuur 2.1). Deze vorm van P is matig sterk gebonden aan het oppervlak van bodemdeeltjes en kan ook snel weer in een beschikbare vorm vrijkomen (desorberen). Dit is relevant voor het aanvullen van het direct beschikbaar fosfaat (P_{CaCl_2}) wanneer dit door een plant wordt onttrokken. Deze vorm van P wordt gemeten met een ammoniumlactaat-azijnzuur extractie (P_{AL}) en wordt ook wel P-kwantiteit genoemd. Verschillende methodes kunnen worden gebruikt om de P-kwantiteit te meten, elk met zijn eigen (analytische) voor- en nadelen.
- Sterk gebonden fosfaat dat slechts langzaam beschikbaar kan komen (linkerkant van de driehoek in Figuur 2.1). Deze vorm van fosfaat maakt deel uit van bodemdeeltjes of is daar sterk aan gebonden. Deze vorm van fosfaat wordt gemeten met een oxalaat extractie (P_{ox}) en is een indicator voor de totale beschikbare P reserves. Deze vorm van fosfaat is in chemisch evenwicht met direct beschikbaar P (P intensiteit) en reversibel gebonden P (P kwantiteit).



Figuur 2.1 Schematische weergave van fosfaat in de bodem en de veel gebruikte meetmethodes om de beschikbaarheid te duiden.

De verhouding tussen de totale beschikbare P-reserves (P_{OX}), reversibel gebonden fosfaat (P_{AL}) en direct beschikbaar fosfaat (P_{CaCl_2}) is sterk afhankelijk van (i) de totale beschikbare P reserves in de bodem (P_{OX}), en (ii) het maximaal vermogen van een bodem om P te binden. In Nederlandse bodems wordt de maximale P bindingscapaciteit bepaald door de hoeveelheid amorf ijzer- en aluminium(hydr)oxiden in de bodem. Bij hoge gehalten aan ijzer en aluminium (hoge bindingscapaciteit) kan de totale voorraad van P in de bodem erg hoog zijn terwijl de directe P beschikbaarheid voor de plant laag is (P is sterk gebonden). Bij lage gehalten aan ijzer en aluminium (lage bindingscapaciteit) kan de bodem nauwelijks P binden. Hierdoor kan een kleine totale hoeveelheid P in de bodem al leiden tot een hoge directe P beschikbaarheid. Dit is in Figuur 2.2 gevisualiseerd voor twee bodems waarvan de maximale fosfaat-bindingscapaciteit hoger is in bodem B dan in bodem A. De witte bolletjes zijn de lege bindingsplaatsen waar fosfaat nog aan kan binden en de zwarte bolletjes zijn de bindingsplaatsen waar P wel aan is gebonden. In bodems wordt de directe P beschikbaarheid (P aanwezig in bodemoplossing) bepaald door de mate waarin de bindingscapaciteit is opgeladen met fosfaat (fosfaatverzadigingsgraad). In het voorbeeld in Figuur 2.2 is de directe fosfaatbeschikbaarheid gelijk (fosfaatverzadigingsgraad van 20%), maar door de twee keer zo hoge bindingscapaciteit in bodem B (door hogere gehalten aan ijzer en aluminium) dan in bodem A zijn de fosfaatreerves ook twee keer zo hoog in bodem B dan in bodem A. Het toedienen van ijzeroxideslib is hierdoor effectiever op bodem A dan op bodem B; minder ijzeroxideslib hoeft te worden toegediend om de fosfaatbindingscapaciteit procentueel te verhogen en hierdoor de fosfaatverzadiging en de directe P beschikbaarheid te doen dalen. Voor extra informatie wordt verwezen naar studies over het gedrag van fosfaat in de bodem (van Doorn et al., 2023; van Rotterdam et al., 2012).



Figuur 2.2 Illustratie van twee bodems met een gelijke fosfaatverzadigingsgraad (en directe P beschikbaarheid), maar met een verschillende maximale fosfaat bindingscapaciteit

2.2 Het verlagen van de directe P beschikbaarheid middels het toedienen van ijzeroxideslib

De directe P-beschikbaarheid kan worden verlaagd middels het inbrengen van ijzeroxideslib. Het toedienen van het ijzeroxideslib heeft het doel om de maximale P-bindingscapaciteit te verhogen, en hiermee de verzadiging van de maximale P-bindingscapaciteit met P (fosfaatverzadigingsgraad) te verlagen. Als gevolg daalt ook de directe P beschikbaarheid.

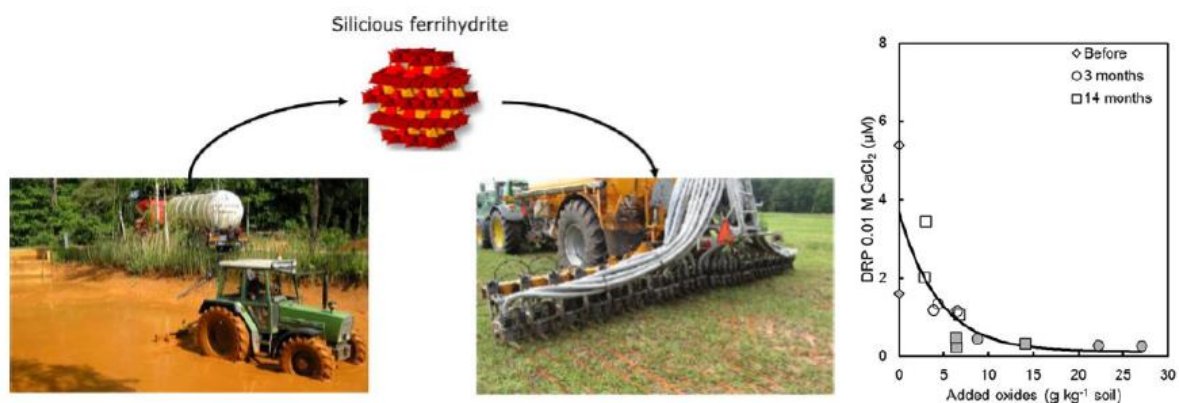
Naast verschillende lab-experimenten is ook in de praktijk geëxperimenteerd met het toedienen van ijzeroxideslib aan een zandgrond (Figuur 2.3, Koopmans et al., 2020). Het gebruikte product is een industrieel bijproduct van de productie van drinkwater in een waterzuiveringsinstallatie van Brabant Water B.V.. Het ijzeroxideslib werd toen oppervlakkig in de bodem geïnjecteerd met behulp van een sleepvoetsysteem (Figuur 2.3). Vervolgens werd het met een cultivator door de bovenste 20 cm van de bodem gemengd.

Door de ultra-kleine deeltjesgrootte van het ijzeroxide nam de P-bindingscapaciteit sterk toe in de bodem. Het toevoegen van 10 g Fe leidde tot een afname van de directe P-beschikbaarheid met 1 mg P kg⁻¹ (berekend op basis van Figuur 2.3). De directe P beschikbaarheid is 3 maanden en 14 maanden na de toediening gemeten; na ruim een jaar was de directe P beschikbaarheid vergelijkbaar met de (verlaagde) directe P beschikbaarheid na 3 maanden. Het eenmalig toedienen van ijzeroxideslib is daarmee een maatregel om voor de lange termijn de P-beschikbaarheid te verlagen.

Om te voorkomen dat de fosfaattoestand direct te veel zou dalen zou een eerste basisgift kunnen worden aangehouden om daarna te controleren wat er in de praktijk gebeurt (andere grond en ander product dan gebruikt in Brabant). Mogelijk is een kleine extra gift nodig. Door het in stappen toe te voegen en tussendoor te meten kan worden nagegaan hoe de bodem reageert en kan worden voorkomen dat de fosfaattoestand te veel daalt.

Het is niet de bedoeling dat de fosfaattoestand van de bodem daalt tot een niveau waarin deze landbouwkundig wordt geclassificeerd als 'Laag' omdat de grond in agrarisch gebruik blijft. De fosfaattoestand is een belangrijk onderdeel van de bodemvruchtbaarheid en van belang voor de benutting van nutriënten in organische meststoffen. Bemestingsadviezen en wettelijke gebruiksnormen sturen op het bereiken en handhaven van een neutrale fosfaattoestand. Als de fosfaattoestand te laag wordt mag deze via bemesting weer extra worden aangevuld. Een neutrale fosfaattoestand wordt gehandhaafd bij regulier agrarisch beheer en bemesting volgens de norm; bemesting is dan gelijk aan onttrekking.

Het slib is een natuurlijk product dat vrijkomt als restproduct tijdens ontijzing van anaeroob grondwater voor de productie van drinkwater; het is gevormd uit hetzelfde ijzer dat als kwelwater aan het oppervlak komt. In Nederland wordt circa 60% van het drinkwater geproduceerd uit grondwater; hierbij ontstaat een forse, doorlopende reststroom van ijzerslib (Koopmans et al., 2020). Aquamineralen en Vitens zijn bedrijven die in Nederland restproducten van de drinkwatervoorziening verwaarden en vermarkten. Het ijzeroxideslib is door heel Nederland verkrijgbaar in verschillende kwaliteiten.



Figuur 2.3 Foto's van het experiment met het toedienen van ijzeroxideslib aan een zandgrond (midden) en het effect op de directe P-beschikbaarheid als functie van de hoeveelheid ijzeroxideslib dat is toegepast (rechts). De meest linkse foto is het bassin waar het ijzeroxideslib uit wordt gepompt in de vrachtwagen. In de rechter foto (in het midden) wordt het toegediend op een grasperceel.

Chardon et al. (2014) beschrijven een aantal andere praktische aspecten van het ijzerslib in relatie tot de bodemkwaliteit. IJzerslib is een schoon restproduct: het bevat slechts kleine hoeveelheden zware metalen zoals arseen, cadmium, koper, nikkel, lood en zink. De gehalten daarvan liggen rond de achtergrondgehalten in de bovenste 10 centimeter van de Nederlandse bodem en door de grote bindingscapaciteit van de ijzeroxiden in het slib komen deze metalen nauwelijks vrij (Koopmans et al., 2020). Andere bodemkwaliteitsparameters zoals organische stof zullen naar verwachting niet meetbaar en merkbaar worden beïnvloed. De bodemstructuur verandert ook niet merkbaar na het toedienen van

ijzerslib (persoonlijk contact Dr. Koopmans). Doordat het slib licht basisch ($\text{pH}=7.6$) is zorgt het toedienen van de benodigde hoeveelheden voor een lichte pH-stijging van de bodem (op twee gronden van resp. 5.6 naar 6.9 en van 4.5 naar 6.8 (Chardon et al., 2014). De licht basische omstandigheden worden waarschijnlijk veroorzaakt door het hoge kalkgehalte in het voor deze proef gebruikte ijzerslib (20%), afkomstig van marmerkorrels in het filterbed (Koopmans et al., 2020). Als gevolg van deze stijging van de pH nam de mineralisatie van organische stof in de bodem toe. Daarbij was het stikstofleverend vermogen (NLV) van de bodem tijdelijk hoger dan verwacht op basis van de bodemanalyseresultaten. Hier zou in de mestgift voor gecorrigeerd kunnen worden.

3 Aanpak

3.1 Ruimtelijke variatie

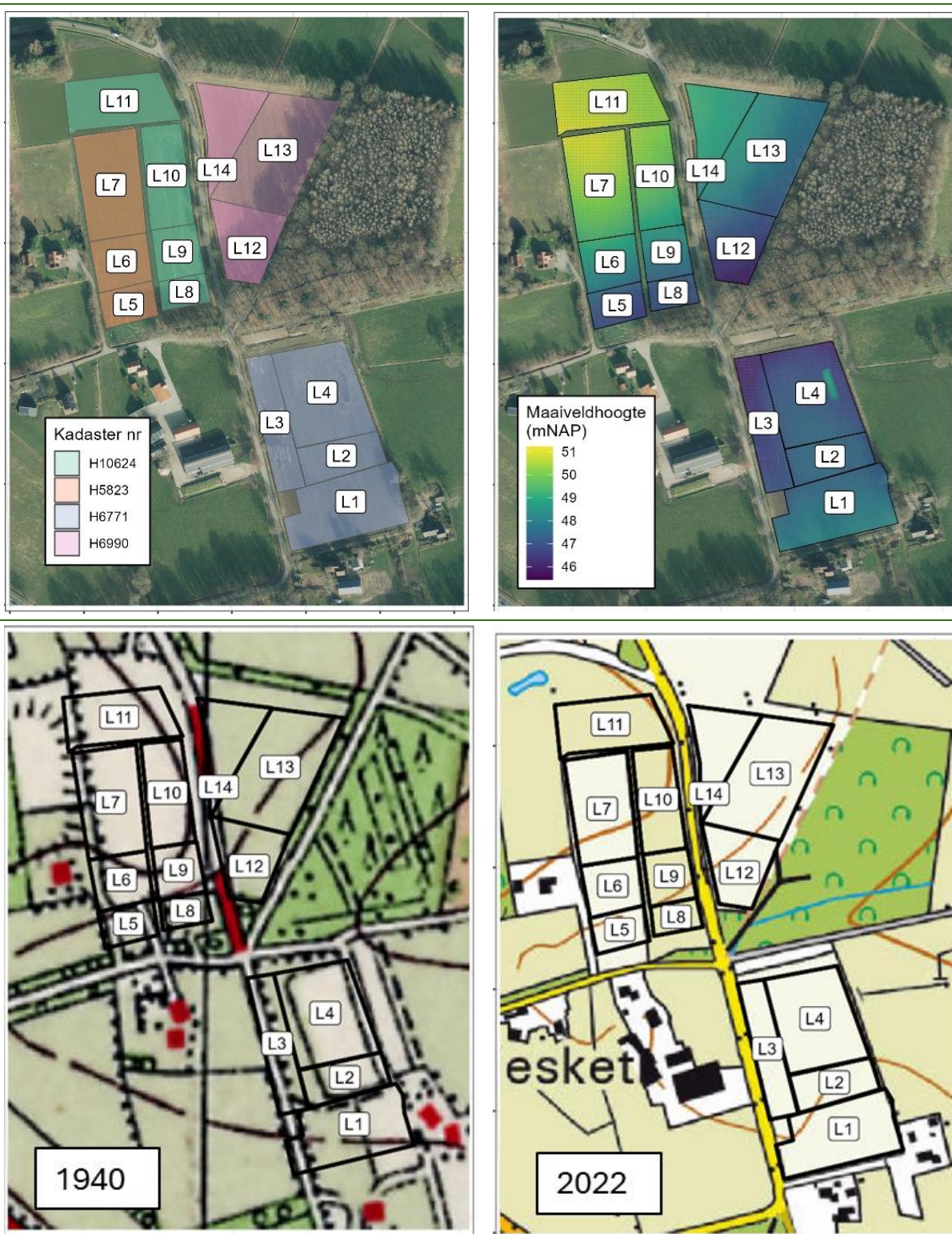
Indeling van de percelen in deelgebieden & monsternamen bodem

Bodemeigenschappen, waaronder de fosfaattoestand, variëren (vaak sterk) in de ruimte door de ontstaansgeschiedenis, de werking van wind en water, de morfologie (bijv. hoogteligging) en (historische) verschillen in management. Deze ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen heeft invloed op het risico van fosfaatverliezen naar het watersysteem en de effectiviteit van maatregelen (b.v. het toedienen van ijzeroxideslib) om het risico van fosfaatverliezen te verlagen. Het verlagen van de directe P-beschikbaarheid middels het toedienen van ijzeroxideslib is met name kansrijk op locaties waar de directe P-beschikbaarheid hoog is, en de maximale P-bindingscapaciteit laag. Het toedienen van ijzerslib op locaties waar de directe P-beschikbaarheid al laag is leidt niet tot een significant lager risico van P verliezen naar het watersysteem, terwijl het wel kan leiden tot een sterke afname in gewasopbrengst -en kwaliteit.

Voor de praktische uitwerking van alle maatregelen wordt de ruimtelijke variatie in de betreffende percelen bepaald. Voor de percelen 5823 en 6771 wordt de ruimtelijke variatie in beeld gebracht om de dosering van het ijzeroxideslib aan te passen. Voor de percelen 6990 en het nieuw aan te kopen perceel (kadastrale percelen 10622 en 10624) worden ook deelgebieden bemonsterd om maatwerk in de maatregelen mogelijk te maken.

De ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen is in kaart gebracht door de percelen in te delen in deelgebieden en in elk deelgebied de bodem te bemonsteren. Hiervoor zijn de percelen in 14 deelgebieden ingedeeld (Figuur 3.1). Deze indeling is voornamelijk gebaseerd op verschillen in maaiveldhoogte (Figuur 3.1) en (historische) verschillen in management (topografische kaarten van 1940 en 2022 zijn weergegeven in Figuur 3.1). In de topografische kaarten valt met name op dat op het perceel grenzend aan de stal (6771, zuidoostelijk gelegen perceel) het oostelijk deel langer in agrarisch gebruik lijkt te zijn dan het westelijk deel (topografische kaart van 1940, Figuur 3.1).

Het veldwerk is op 9 oktober 2023 uitgevoerd. Hierbij is de bodem van elk deelgebied op twee dieptes bemonsterd. Als uitgangspunt zijn de bovenste 25cm en de bodemlaag hieronder (25-50/leemlaag) bemonsterd. Deze bodemlagen zijn bemonsterd omdat het ijzeroxideslib door de bovenste 20-25cm van de bodem zou kunnen worden gemengd tijdens toediening en menging met een frees. Door deze bodemlagen te bemonsteren kan (i) de uitgangssituatie worden bepaald; en (ii) de verandering van de P-beschikbaarheid en bindingscapaciteit in het bodemprofiel goed worden gevolgd bij verdere monitoring. Om tot representatieve bodemonsters te komen zijn de bodemlagen bemonsterd door mengmonsters te nemen die bestaan uit meerdere steken met een guts.



Figuur 3.1 Indeling van de percelen in deelgebieden voor monsternamen van de bodem. Linksboven: kadastrale nummers van de percelen. Rechtsboven: maaiveldhoogtekaart. Linksonder: topografische kaart van 1940 (www.topotijdreis.nl). Rechtsonder: topografische kaart van 2022. De zwarte lijnen geven de grenzen aan van de deelgebieden. Het label geeft de naam aan van de deelgebieden.

Analyses bodem

In de grondmonsters zijn de algemene bodemkenmerken organische stofgehalte, textuur (zand-, silt-, kleifraction), klei-humuscomplex (CEC) en de stikstofrijke van organische stof (C/N-verhouding) bepaald. Daarnaast zijn analyses uitgevoerd om inzicht te krijgen in de directe beschikbaarheid en

beschikbare reserves van de nutriënten stikstof, fosfaat, kalium, zwavel, calcium en magnesium. Ook zijn de zuurgraad, de buffering door kalk en de basensamenstelling van het klei-humuscomplex gemeten.

Voor fosfaat zijn de volgende fosfaatfracties bepaald:

- Een maat voor de directe fosfaatbeschikbaarheid, ofwel P_{CaCl_2} (P geëxtraheerd met 0.01 M $CaCl_2$);
- Een maat voor de potentieel snel beschikbare P-reserves, ofwel P_{AL} (P geëxtraheerd met ammoniumlactaat azijnzuur met pH 3.75);
- Een maat voor totaal beschikbaar P ofwel P-oxalaat (P geëxtraheerd met ammoniumoxalaat-oxaalzuurextract);
- Een maat voor P-totaal (P_{totaal} met XRF); en
- Een maat voor de totale P-bindingscapaciteit (PSC) in de vorm van ijzer en aluminium (hydr)oxiden ($Fe_{ox} + Al_{ox}$; Fe en Al geëxtraheerd met ammoniumoxalaat-oxaalzuurextract);
- De fosfaatverzadigingsgraad (FVG). De FVG is het percentage van de totale P-bindingscapaciteit dat ook daadwerkelijk is bezet met fosfaat. De FVG wordt berekend op basis van de procentuele verhouding tussen P_{ox} en $\frac{1}{2}$ keer de som van $Fe_{ox} + Al_{ox}$.

Voor de relatie tussen deze verschillende fracties en de fosfaaddynamiek in de bodem wordt verwezen naar het kader over fosfaat in de bodem (Sectie 2.1). De gemeten fosfaatfracties leveren de elementen aan waarmee de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem op korte en langere termijn goed kunnen worden beschreven.

3.2 Het verlagen van de directe P beschikbaarheid middels het toedienen van ijzeroxideslib

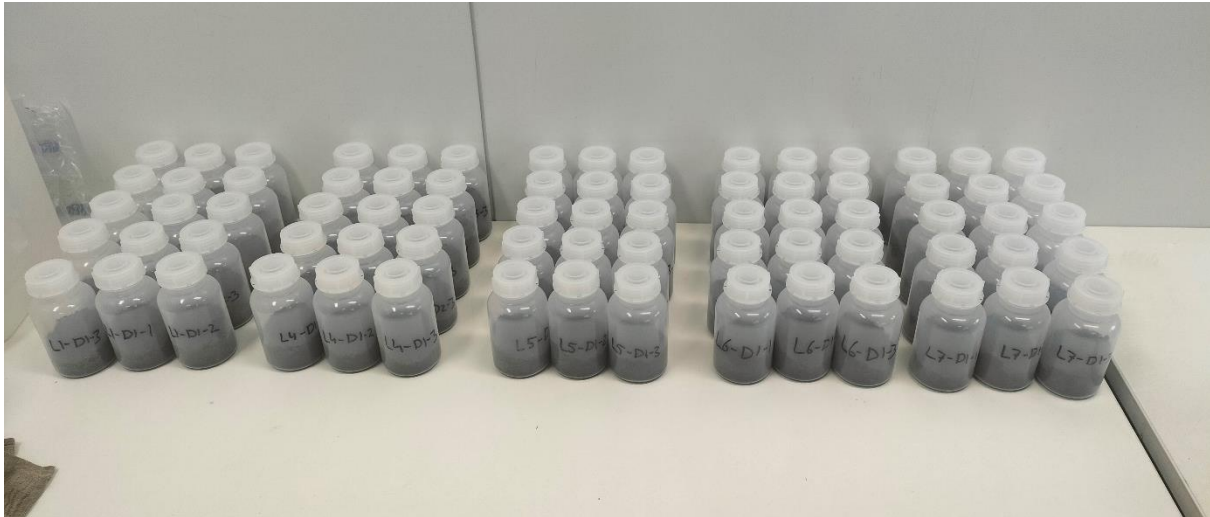
De benodigde dosering ijzeroxideslib om de directe P beschikbaarheid tot een gewenst niveau te doen dalen is in een incubatieproef bepaald. Het doel van de incubatieproef is tweeledig:

- Het bepalen van de eerste dosering van het ijzerslib om de directe P beschikbaarheid te verlagen tot een P_{CaCl_2} tussendoel van 2.4 mg kg^{-1} .
- Het bepalen van het effect van ijzerslib dosering op de zuurgraad van de bodem. Het is de verwachting dat de pH van de bodem stijgt en daarmee de zuurgraad daalt (Koopmans et al., 2020). De zuurgraad beïnvloedt de directe beschikbaarheid van P en van metalen (bijvoorbeeld arseen, koper en zink).

Op de percelen waar de toediening van ijzerslib als kansrijke maatregel wordt beschouwd (6771 en 5823, Figuur 3.1) is de bovenste 25cm van vijf deelgebieden (L1 en L4 t/m L7, Figuur 3.1) bemonsterd voor een incubatieproef met ijzerslib. Het ijzerslib is afkomstig van het bedrijf Aquaminerals en varieert in samenstelling afhankelijk van de locatie waar het ijzerslib geproduceerd wordt. Zo kan het drogestofgehalte van het ijzerslib variëren van 7.5-30% en het ijzer(iii)oxide hydraat gehalte variëren van 80-100% (gewichtsperscentage op basis van droge stof). Het productblad is opgenomen in Bijlage I.

Voor de incubatieproef is ijzerslib gebruikt van de Aquaminerals-locatie Sint Jansklooster (zie Bijlage II voor de samenstelling van het ijzerslib van deze locatie als gemeten in 2022). Het slib van Sint Jansklooster heeft een drogestofgehalte van 9%, calciumgehalte van 57 g kg ds^{-1} , een fosforgehalte van $16 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg ds}^{-1}$ en een ijzergehalte van 340 g kg ds^{-1} . De gehalten aan metalen zijn ook in het productblad opgenomen. Het slib heeft een arseengehalte van $110 \text{ mg kg ds}^{-1}$. Arseen is een zwaar metaal wat van nature aanwezig kan zijn in het grondwater, waardoor op een aantal locaties van Aquaminerals verhoogde arseengehalte in het ijzerslib worden waargenomen. Door het verhoogde Arseengehalte in het slib uit St Jansklooster is besloten om voor de toediening in het veld een vergelijkbaar slib van de locatie Spannenburg te gebruiken dat geen meetbare gehalten aan arseen bevat (Zie Bijlage II voor de samenstelling).

Bij de incubatieproef is de bodemlaag van elk bemonsterd deelgebied gemengd met vijf verschillende doseringen ijzerslib. Als doseringen zijn 0, 15, 30, 50 en 80 ton ijzerslib per hectare droge grond (0-10cm) aangehouden. In de incubatieproef komt dit overeen met een dosering van 0, 4.6, 9.2, 15.4 en 24.6 gram slib per kilogram vochtige grond. Deze doseringen zijn geselecteerd op basis van de resultaten van een eerder uitgevoerde, globale incubatieproef (Bijlage III). De grond is met de corresponderende dosering ijzerslib gemengd in een 250ml polyethyleen potje (100g grond + ijzerslib). De proef is in triplo uitgevoerd (Figuur 3.2). Na circa drie dagen incubatie is een CaCl_2 -extractie uitgevoerd waarbij (i) de directe P beschikbaarheid (P_{CaCl_2} gemeten als anorganisch P met een discrete analyser); en (ii) de zuurgraad ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) is bepaald.



Figuur 3.2 Overzicht van de grondmonsters van locaties L1 en L4 t/m L7 die zijn gemengd met verschillende doseringen ijzerslib (in triplo).

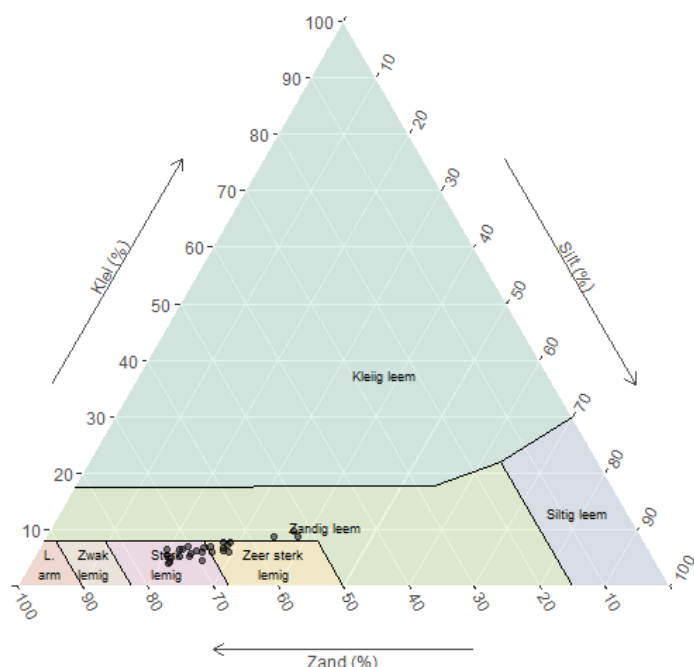
Aanvullend zijn drogestofgehalten bepaald van (i) de grond van de deelgebieden; en (ii) het ijzerslib. Dit maakt het mogelijk om de doseringen te kunnen herberekenen wanneer drogestofgehalten van één van beide variëren (bijvoorbeeld wanneer er gekozen wordt om ijzerslib van een andere locatie dan Sint jansklooster te gebruiken). Het drogestofgehalte van de grond en het ijzerslib is bepaald door een monster in duplo te drogen voor 24 uur op 105°C .

4 Resultaten en discussie

4.1 Ruimtelijke variatie

Algemene bodemopbouw

De A-horizont van de bodem bestaat uit sterk lemig zand tot zandig leem met een zandgehalte van 53-75%, een kleigehalte van 4-10% en een siltgehalte van 20-38% (Figuur 4.1). Het organische stofgehalte varieert van 2-5%. De resultaten per bemonsterde bodemlaag zijn opgenomen in Bijlage IV.



Figuur 4.1 Indeling en benaming van eolische afzettingen, zowel zand als zwaarder materiaal (z.g. leem-driehoek, de Bakker & Schelling, 1966). De zwarte stippen corresponderen met de resultaten van de bemonsterde bodemlagen.

In eerder onderzoek is de bodemopbouw van percelen 5823 (deelgebieden L5 t/m L7 in Figuur 3.1), 6990 (deelgebieden L12 t/m L14 in Figuur 3.1) en 6771 (deelgebieden L1 t/m L4 in Figuur 3.1) nader onderzocht (Postma et al., 2016; van Rotterdam & Postma, 2023). De kenmerken van deze drie percelen zijn opgenomen in Tabel 4-1. Het aan te kopen perceel (kadastrale percelen 10622 en 10624) was nog niet in dit onderzoek meegenomen en is dus niet in onderstaande resultaten terug te zien. Opvallende zaken betreffende de bodemopbouw zijn:

- De textuur wordt op alle drie de percelen op basis van het labonderzoek geclassificeerd als lemig zand of zandig leem, maar in het veld geeft het beperkte verschil in gemeten lutumgehalte grote waargenomen verschillen (visueel en manueel) in bodemstructuur. Perceel 6990 met de hoogst gemeten lutumgehalten (6-10%), maar met 50-70% zand en 22-38% silt, heeft in werkelijkheid een kleiige en harde structuur. Dit perceel heeft ook het laagste organische stofgehalte (2-3%). Terwijl

- de twee andere percelen (5823 en 6771) met slechts iets lagere gemeten lutumgehaltes (4-7%) en vrijwel dezelfde zand- en siltgehaltes van resp. 60-70% en 20-29% duidelijk zandgronden zijn.
- De twee meer zandige percelen (5823 en 6771) percelen zijn esgronden, die bodemkundig worden geclassificeerd als enkeerdgronden. Perceel 5823 is een ongeveer 50cm diepe enkeerdgrond, en perceel 6771 heeft een eerdlaag van ongeveer 70 tot 80cm dikte. Perceel 6990 heeft geen eerddek.
 - Op alle drie de percelen is direct onder de A-horizont het slecht doordringbare keileem aanwezig. Wortels kunnen niet tot zeer beperkt in deze laag doordringen en ook zorgt het voor oppervlakkige en ondiepe uitspoeling van het neerslagoverschot.

Tabel 4-1 Overzicht van de bodemopbouw, fosfaattoestand en gewas op de percelen 5823, 6990 en 6771 van mts. Snippert (aangepast uit van Rotterdam & Postma, 2023)

Tegenover huis 5823		Driehoek 6990	Perceel grenzend aan stal 6771
Foto bodemopbouw			
Toplaag	Tot +- 50cm. Matig organisch stofrijk zand met matig tot redelijke structuur	Tot 30-40cm donker kleiig, harde grond, slechte structuur. Deel van het perceel te nat.	Tot 70-80cm organisch stofrijk zand met goede structuur
Direct onder toplaag	Keileem	Keileem, Fe-rijk en veel stenen. Slechte afwatering.	Keileem
Gewas	Maïs	Maïs	Maïs
Risico P-emissie door:*	Afspoeling: hoog Ondiepe uitspoeling: vrij hoog	Afspoeling: matig Ondiepe uitspoeling: matig	-

*Postma et al., 2016

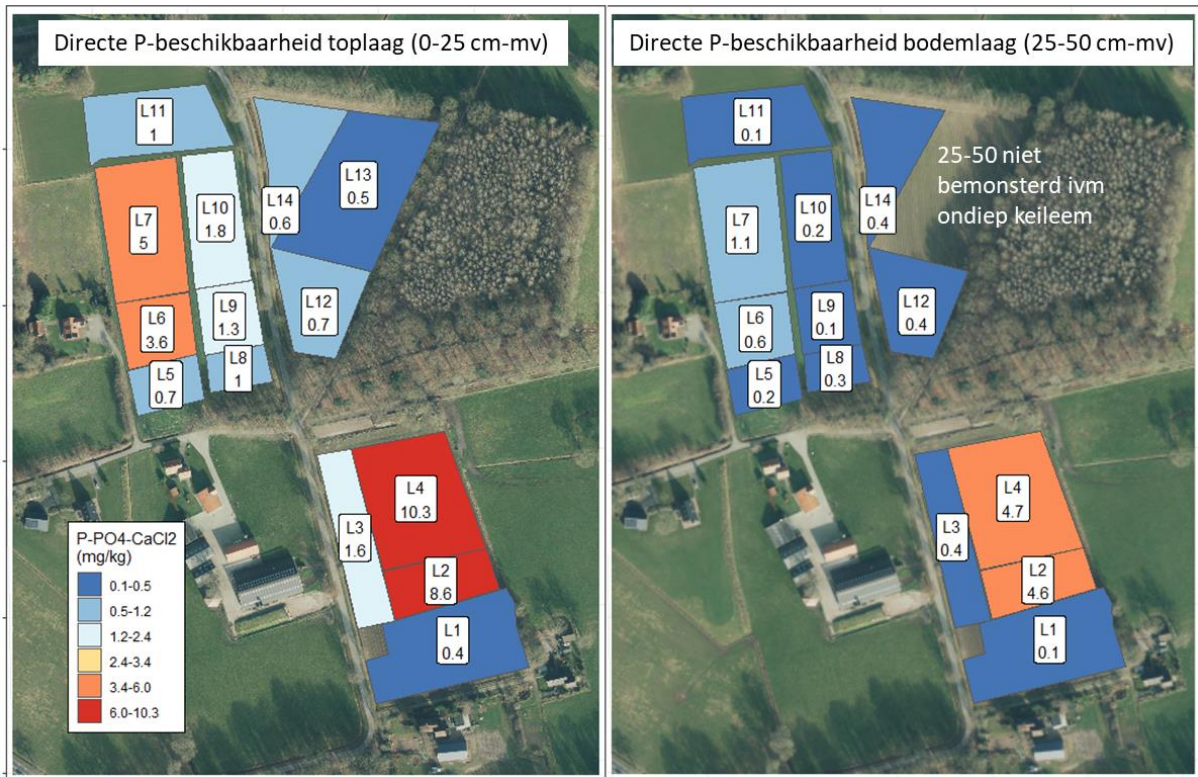
Fosfaat

De fosfaattoestand van de bodem verschilt zeer sterk binnen en tussen de percelen. Zie Figuur 4.2 voor de ruimtelijke variatie in de direct beschikbare P-fractie (P_{CaCl_2}) in de bodem. De ruimtelijke variatie in P_{CaCl_2} is ook terug te zien in de ruimtelijke variatie in reversibel, matig sterk gebonden P wat de P concentratie in bodemoplossing buffert (P_{AL}) en de verzadiging van de maximale P adsorptiecapaciteit (PSC) met P, i.e. de FosfaatVerzadigingsGraad (FVG).

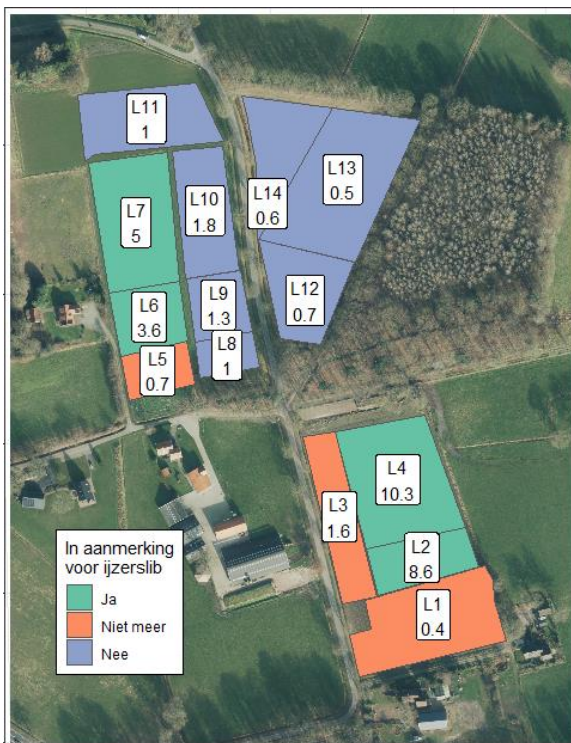
Voor de percelen waar het toepassen van ijzeroxideslib werd beoogd zijn op basis van de fosfaattoestand van de bodem nu drie deelgebieden te onderscheiden (Figuur 4.3):

- Deelgebieden waar de directe P-beschikbaarheid (P_{CaCl_2}) boven $1.2-1.6 \text{ mg kg}^{-1}$ (einddoel) is gemeten: hier blijft het advies om de directe P-beschikbaarheid te verlagen door het toedienen van ijzerslib. In de bovenste 25cm van de bodem varieert P_{CaCl_2} van $3.6-10.3 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabel 4-2).
- Deelgebieden die in aanmerking kwamen voor de toediening van ijzerslib en waar P_{CaCl_2} beneden $1.2-1.6 \text{ mg kg}^{-1}$ is gemeten: hier vervalt het advies om de directe P-beschikbaarheid te verlagen door het toedienen van ijzerslib. In de bovenste 25cm van de bodem varieert P_{CaCl_2} van $0.4-1.6 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabel 4-2).
- Deelgebieden die niet in aanmerking kwamen voor de toediening van ijzerslib: hier blijft het advies staan om geen ijzerslib toe te dienen. In de bovenste 25cm van de bodem varieert P_{CaCl_2} van $0.5-1.8 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabel 4-2). Op locatie L10 is de directe P-beschikbaarheid in de bovenste 25cm van de bodem slechts beperkt hoger dan 1.6 mg kg^{-1} ($P_{CaCl_2} 1.8 \text{ mg kg}^{-1}$). Om zo'n klein verschil te overbruggen is het toedienen van ijzeroxideslib een te intensieve maatregel. Met ijzeroxideslib kan een snelle daling van een hoge directe P-beschikbaarheid worden bereikt en daarmee het risico op

P-uitspoeling snel worden beperkt. Naast dat het risico op emissies afvlakt richting het streeftraject, vakt ook de effectiviteit van het toedienen van ijzeroxideslib af bij lagere directe P-beschikbaarheid. Met bemesting die lager is dan de onttrekking zal de directe P-beschikbaarheid voldoende dalen. Het opvolgen van het bemestingsadvies is hiervoor voldoende. Het advies is om hier de directe P beschikbaarheid niet te verlagen door het toedienen van ijzeroxideslib.



Figuur 4.2 Ruimtelijke variatie in de directe P-beschikbaarheid zoals gemeten met P_{CaCl2} in de 14 deelgebieden.



Figuur 4.3 Deelgebieden die op basis van de fosfaattoestand van de bodem in aanmerking komen voor ijzerslib (groen), niet meer in aanmerking komen voor de toediening van ijzerslib (oranje) en bij voorbaat al niet in aanmerking kwamen voor de toediening van ijzerslib (blauw). De labels geven de locatie aan van het deelgebied en het gehalte aan direct beschikbaar P van de bovenste 25cm van de bodem (P_{CaCl2} in $mg\ kg^{-1}$).

Opmerkelijk is dat perceel 6990, waar in eerder onderzoek de fosfaattoestand werd geclassificeerd als 'Ruim' de directe P-beschikbaarheid in dit onderzoek lager is dan in eerder onderzoek (2022); P_{CaCl2} was

1.7 mg kg⁻¹ in januari 2022 en P_{CaCl2} is gemiddeld 0.7 mg kg⁻¹ op basis van dit onderzoek, uitgevoerd in oktober 2023. De beschikbare bodemvoorraad, gemeten als P_{AL} is wel vergelijkbaar tussen deze twee studies (varieert tussen 40 en 50 mg P₂O₅ 100g⁻¹). Het perceel is op het oog zeer heterogeen; in het veld heeft de bodem een slechte bonkige structuur en zijn duidelijk ijzerrijke aggregaten zichtbaar. In deze ijzerrijke aggregaten wordt fosfaat sterk gebonden. De verschillen in directe beschikbaarheid tussen januari 2022 en najaar 2023 worden toegeschreven aan de bemonstering. Iets meer ijzerrijke aggregaten in het monster leiden tot een lagere directe P-beschikbaarheid. Dit verschil in de tijd onderschrijft de noodzaak om de bodemstructuur op dit perceel te verbeteren.

Het perceel dat mogelijk kan worden overgenomen door mts. Snippert (percelen 10622 en 10624) heeft in alle onderzochte deelgebieden (L8 tot en met L11) een vrij hoge beschikbare bodemvoorraad zoals gemeten met P_{AL} en FVG. Het is opmerkelijk dat, net als in perceel 6990, de directe P-beschikbaarheid laag is. De directe P-beschikbaarheid is op de hoger gelegen delen van het perceel hoger dan op het lager gelegen deel. Dat de directe P-beschikbaarheid laag is tegen de Liesketbeek aan is positief in relatie tot het risico op uitspoeling naar het oppervlaktewater. De beschikbare bodemvoorraad is tegen de beek aan wel hoog waardoor erosie van bodemdeeltjes naar de beek zoveel als mogelijk moet worden voorkomen.

Tabel 4-2 De maximale P bindingscapaciteit (PSC), de verzadiging hiervan met P (FosfaatVerzadigingsGraad, FVG), het gehalte aan matig sterk, reversibel gebonden P wat de P concentratie in bodemoplossing buffert (P_{AL}) en het direct beschikbaar P gehalte (P_{CaCl2}) van de bemonsterde bodemlagen. Lichtgroen: P_{CaCl2} is beneden het einddoel van 1.2 mg kg⁻¹ gemeten. Donkergroen: P_{CaCl2} is tussen het einddoel van 1.2 mg kg⁻¹ en het tussendoel van 2.4 mg kg⁻¹ gemeten. Lichtoranje: P_{CaCl2} is tussen 2.4 mg kg⁻¹ (tussendoel) en 4.8 mg kg⁻¹ (tweemaal het tussendoel) gemeten. Donkeroranje: P_{CaCl2} is hoger dan 4.8 mg kg⁻¹ gemeten.

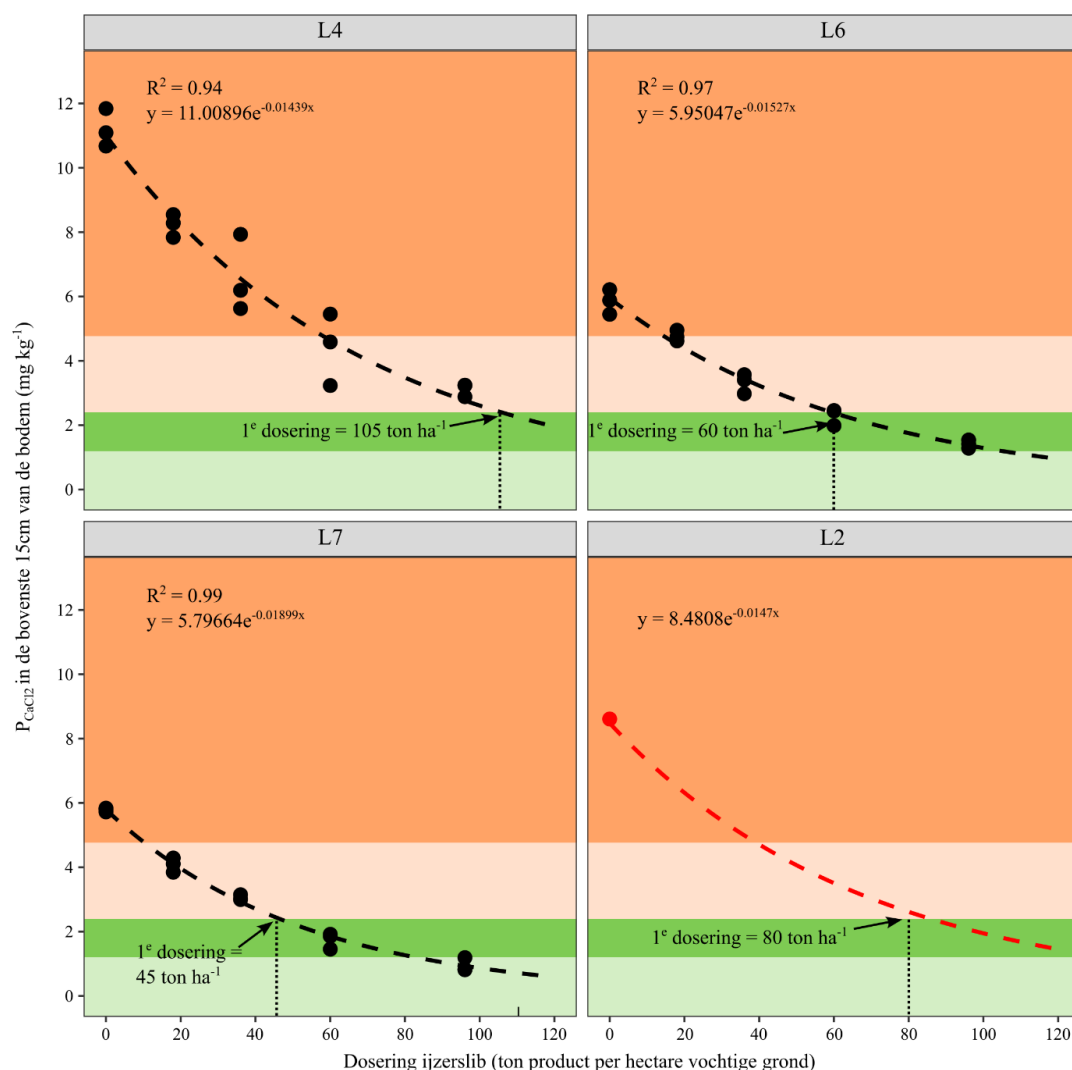
Perceel	Deelgebied	Diepte (cm -mv)	PSC (mmol kg ⁻¹)	FVG (%)	P _{AL} (mg P ₂ O ₅ 100g ⁻¹)	P _{CaCl2} (mg kg ⁻¹)
6771	L1	0-25	31	42	35	0.4
6771	L1	25-A	29	24	17	0.1
6771	L2	0-25	28	88	78	8.6
6771	L2	25-A	27	65	68	4.6
6771	L3	0-25	28	60	62	1.6
6771	L3	25-A	26	42	37	0.4
6771	L4	0-25	28	95	90	10.3
6771	L4	25-A	27	66	67	4.7
5823	L5	0-25	36	59	74	0.7
5823	L5	25-A	32	40	48	0.2
5823	L6	0-25	32	75	81	3.6
5823	L6	25-A	34	50	53	0.6
5823	L7	0-25	31	76	69	5
5823	L7	25-A	35	45	44	1.1
10624	L8	0-25	34	64	69	1
10624	L8	25-A	33	54	73	0.3
10624	L9	0-25	33	58	61	1.3
10624	L9	25-A	38	31	24	0.1
10624	L10	0-25	34	58	58	1.8
10624	L10	25-A	35	33	23	0.2
10622/10624	L11	0-25	33	54	56	1
10622/10624	L11	25-A	34	33	25	0.1
6990	L12	0-25	37	45	58	0.7
6990	L12	25-A	32	39	44	0.4
6990	L13*	0-25	41	40	49	0.5
6990	L14	0-25	39	41	47	0.6
6990	L14	25-A	40	37	43	0.4

*Het keileem begon ondiep; hierdoor is er op deze locatie alleen de 0-25cm -mv bodemlaag bemonsterd.

4.2 Toedienen van ijzeroxideslib

4.2.1 Het verlagen van de directe P beschikbaarheid

Voor de deelgebieden waar de toediening van ijzerslib kansrijk is om de directe P beschikbaarheid te verlagen (deelgebieden L2, L4, L6 en L7, zie Figuur 4.3) zijn de relaties tussen de dosering van ijzerslib en het direct beschikbaar P gehalte in de bodem (P_{CaCl_2}) in Figuur 4.4 weergegeven. Voorgesteld wordt de directe P-beschikbaarheid in twee stappen tot het gewenste niveau te verlagen. Op basis van het tussendoel van een P_{CaCl_2} waarde van 2.4 mg kg^{-1} worden eerste doseringen van 105 ton ha^{-1} (deelgebied L4), 60 ton ha^{-1} (deelgebied L6), 45 ton ha^{-1} (deelgebied L7) en 80 ton ha^{-1} (deelgebied L2) aanbevolen. Naar verwachting is een (kleine) tweede dosering nodig om de directe P beschikbaarheid tot het einddoel (P_{CaCl_2} tussen 1.2 en 1.6 mg kg^{-1}) te verlagen. De hoogte van de tweede dosering zal na monsternamen van de bodem na de eerste dosering worden bepaald. De eventuele tweede dosering ijzerslib zal daarna worden toegediend.

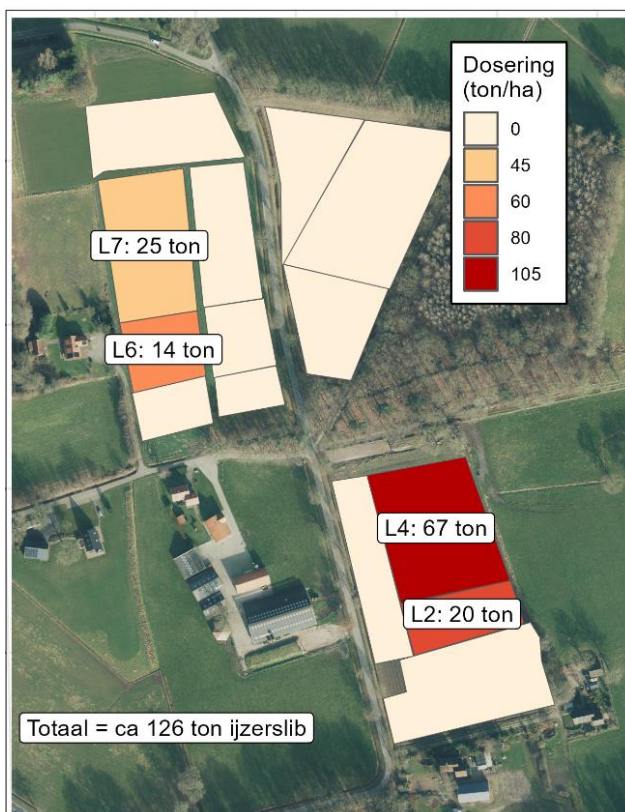


Figuur 4.4 Dosering van ijzerslib uitgezet tegen het direct beschikbaar P gehalte in de bodem (P_{CaCl_2}) gemeten in de gedetailleerde incubatieproef. De stippellijn correspondeert met een exponentiële regressielijn. De resultaten voor deelgebieden L1 en L5 zijn weggelaten; op deze locaties is de directe P beschikbaarheid al dusdanig laag dat de het toedienen van ijzerslib niet zinvol is. De grond van deelgebied L2 is niet meegenomen in de incubatieproef; voor dit deelgebied is op basis van het initiële P_{CaCl_2} gehalte (8.6 mg kg^{-1} in de 0-25cm -mv bodemlaag) aangenomen dat de relatie tussen P_{CaCl_2} en de dosering tussen de resultaten in ligt van deelgebieden L7 (initieel P_{CaCl_2} gehalte van 5.7 mg kg^{-1} in de incubatieproef) en L4 (initieel P_{CaCl_2} gehalte van 11.8 mg kg^{-1} in de incubatieproef)

Noemenswaardig is dat:

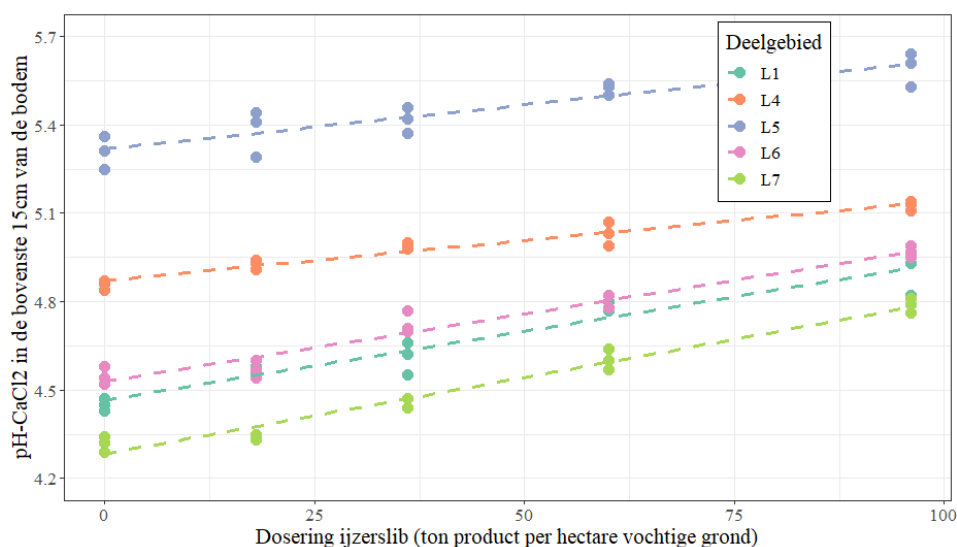
- Er ook incubatieproeven zijn uitgevoerd met grond van deelgebieden L1 en L5. Op deze locaties blijkt dat de initiële directe P beschikbaarheid al dusdanig laag is dat de toediening van ijzeroxideslib niet nodig is om de directe P beschikbaarheid te verlagen (Figuur 4.2). Resultaten van deze incubatieproef zijn daarom niet in Figuur 4.4 opgenomen.
- Er geen incubatieproef is uitgevoerd met grond van deelgebied L2. Op dit deelgebied ligt de initiële directe P beschikbaarheid tussen de initiële P beschikbaarheid van deelgebieden L4 en L7 in. De verwachting is dat de relatie tussen de dosering ijzeroxideslib en de daling van P_{CaCl_2} tussen de relaties als geobserveerd in deelgebieden L4 en L7 in ligt (rode stippellijn in Figuur 4.4).
- De relatie tussen de dosering en de directe P-beschikbaarheid wordt beïnvloedt door (i) de samenstelling van het ijzeroxideslib; en (ii) het vochtgehalte van de bodem. In de incubatieproef is een drogestofgehalte van het ijzeroxideslib van 7-7.2% gemeten. Het vochtgehalte van de grond varieerde, afhankelijk van het deelgebied, van 13.0-16.4%.

Wanneer de aanbevolen doseringen worden aangehouden is voor de eerste dosering circa 126 ton ijzerslib nodig voor het verlagen van de directe P beschikbaarheid, waarbij circa 20 ton wordt toegediend op deelgebied L2, 67 ton op deelgebied L4, 14 ton op deelgebied L6 en 25 ton op deelgebied L7 (Figuur 4.5). Dit is berekend door de doseringen in ton ha^{-1} (Figuur 4.4) om te rekenen naar absolute hoeveelheden door deze doseringen te vermenigvuldigen met de oppervlakten van de deelgebieden (L2: 0.25 ha; L4: 0.64 ha; L6: 0.24 ha; L7: 0.55 ha).



Figuur 4.5 Eerste toe te dienen hoeveelheden ijzeroxideslib om de directe P beschikbaarheid te verlagen. Doseringen zijn beide in ton/ha (kleuren) en ton (label, omgerekend op basis van het oppervlak van de deelgebieden) weergegeven.

In de incubatieproef is een toename in de zuurgraad van de bodem met een toename van de dosering ijzeroxideslib geobserveerd (Figuur 4.6). Het is daarmee ook de verwachting dat de dosering ijzeroxideslib leidt tot een lichte stijging van de zuurgraad.



Figuur 4.6 Relatie tussen de dosering ijzerslib en de zuurgraad van de bodem (P_{CaCl2}) als geobserveerd in de gedetailleerde incubatieproef. De stippellijn correspondeert met een lineaire regressielijn; de kleur geeft het deelgebied aan.

4.2.2 Beschikbaarheid metalen

Met de toevoeging van waterijzer worden zeer kleine hoeveelheden metalen toegevoegd ten opzichte van de hoeveelheid ijzer(hydr-)oxide. Het ijzeroxideslib dat zal worden toegepast is een product uit de drinkwaterwinning in Spannenburg (analysecertificaat opgenomen in Bijlage II). Dit product heeft geen organische verontreinigingen boven de detectielimiet. Van de metalen zijn arseen, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel en zink onder de detectielimiet (zie Bijlage II). Enkele metalen liggen niet onder de detectielimiet. Dit zijn aluminium, barium, calcium, ijzer, magnesium en mangaan.

- Calcium en magnesium zijn gewenste toevoegingen omdat deze bijdragen aan de basenbezetting van het klei-humuscomplex, wat de zuurbuffering en bodemvruchtbaarheid van de bodem verhoogt.
- IJzer is uiteraard ook gewenst want daar is het in deze toepassing om te doen. De verhouding tussen fosfor en ijzer moet in het product zo laag mogelijk zijn voor deze toepassing. In dit product is (omgerekend naar moleculen) 300 keer zoveel ijzer als fosfor aanwezig. De verzadiging van het ijzer met fosfor is 3%. Dit is laag en gunstig voor deze toepassing.

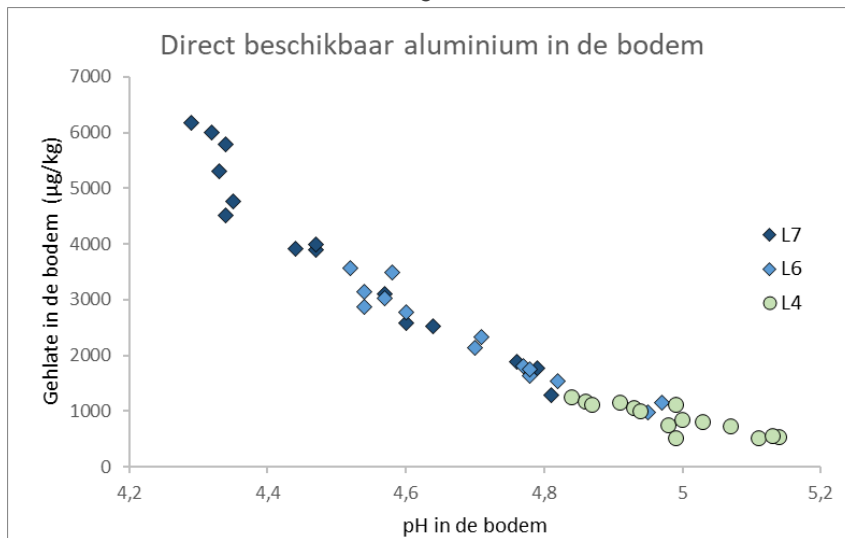
Wat overblijft is dat aluminium, barium en mangaan boven de detectielimiet aanwezig zijn in het product. Voor aluminium en mangaan zijn geen normen vastgelegd, niet vanuit bodemkwaliteitsbeoordeling, en ook niet vanuit de mestwetgeving. Voor barium is vanuit bodemkwaliteit een normstelling van 190 mg/kg GROND. Bij een dosering van 80 ton product per hectare leidt dit tot een bariumgehalte dat 37 keer onder deze norm ligt.

In de doseringsproef is onderzocht wat het effect is van het toepassen van waterijzer op de beschikbaarheid van verschillende metalen. Voor alle metalen nam de beschikbaarheid af door het toedienen van waterijzer. De resultaten zijn getoond in bijlage V, aluminium is getoond in Figuur 4.7.

Geconcludeerd wordt dat met het toepassen van waterijzer in een maximum dosering van 100 ton product per hectare (wat slechts op 1 van de 4 deelgebieden van toepassing is) de normen van geen van de metalen worden overschreden en de beschikbaarheid van de metalen in de bodem – en daarmee het risico op uitspoeling naar het watersysteem verlaagd wordt. Dit is gebaseerd op:

- De samenstelling van het product uit de drinkwaterwinning Spannenburg;
- De gemeten effecten van het toedienen van het product aan de bodem op de beschikbaarheid van fosfaat en metalen;

- De lokale hydrologische setting waarin het perceel niet direct afwatert op het grondwater door de slecht doorlatende keileemlaag.



Figuur 4.7 Relatie tussen beschikbare gehalte aluminium in de bodem in relatie tot pH van de bodem in de doseringsproef voor de deelgebieden L4, L6 en L7 waar het ijzeroxideslib zal worden toegepast.

5 Conclusies

Het onderzoek heeft tot de volgende inzichten geleid:

- De directe P-beschikbaarheid (P_{CaCl_2}) van de bodem varieert sterk tussen en binnen percelen:
 - Op de twee percelen H5823 en H6771 was in eerder onderzoek de fosfaatbeschikbaarheid hoog en leek het toedienen van ijzeroxideslib kansrijk. Dit nader onderzoek toont aan dat de directe P-beschikbaarheid sterk varieert binnen deze percelen. Op enkele delen (deelgebieden L2, L4, L6 en L7) is de directe P-beschikbaarheid (zeer) hoog (P_{CaCl_2} van 3.9-9.6 mg kg⁻¹ in de bovenste 25cm van de bodem) en is de toepassing van ijzeroxideslib kansrijk om de directe P-beschikbaarheid te verlagen. Op andere delen (deelgebied L5 perceel H5823 en deelgebieden L1 en L3 perceel H6771) is echter de directe P-beschikbaarheid dusdanig laag (P_{CaCl_2} 0.9-1.5 mg kg⁻¹ in de bovenste 25cm van de bodem) dat het risico op fosforverliezen laag is en het toedienen van ijzeroxideslib niet nodig is.
 - Op de percelen H10624 en H6990 is de directe P beschikbaarheid laag (P_{CaCl_2} van 0.5-2.0 mg kg⁻¹ in de bovenste 25cm van de bodem) en is de toepassing van ijzeroxideslib niet nodig.
- De incubatieproeven laten een duidelijke afname zien in de directe P beschikbaarheid na het toedienen van ijzeroxideslib, waarbij het effect van de toediening deelgebied-specifiek is door verschillen in de initiële P beschikbaarheid en maximale P bindingscapaciteit van de bodem.
- Voorgesteld wordt de directe P-beschikbaarheid in twee stappen tot het gewenste niveau te verlagen. Als eerste dosering wordt een ijzeroxideslib-toediening van 20 ton (80 ton ha⁻¹) op deellocatie L2, 67 ton (105 ton ha⁻¹) op deellocatie L4, 14 ton (60 ton ha⁻¹) op deellocatie L6 en 25 ton (45 ton ha⁻¹) op deellocatie L7 geadviseerd. In totaal is daarmee circa 126 ton ijzeroxideslib nodig. De doseringen zijn gebaseerd op het verlagen van de directe P-beschikbaarheid naar een P_{CaCl_2} tussendoel van 2.4 mg kg⁻¹. Na monsternamen van de bodem zal de hoogte van de tweede gift worden bepaald, die als doel heeft om de directe P-beschikbaarheid tot het einddoel van 1.2-1.6 mg kg⁻¹ (P_{CaCl_2}) te verlagen.
- Het toedienen van ijzeroxideslib leidt tot een lichte stijging in de zuurgraad van de bodem (enkele tienden in pH-eenheid).
- De doseringsproeven tonen aan dat de beschikbaarheid van zware metalen in de bodem afneemt met het toedienen van ijzeroxideslib als gevolg van de lichte stijging in de pH van de bodem.
- Voor het driehoekige perceel (kadastraal perceel 6990) is, in tegenstelling tot eerder onderzoek, de directe P-beschikbaarheid lager dan de streefwaarde die nodig is om het risico op P-uitspoeling maximaal te beperken. Geadviseerd wordt om de bodemstructuur op dit perceel te verbeteren. Advies is om voor inzaai van het gras in het voorjaar van 2024 een compostgift van 50 ton ha⁻¹ toe te passen en goed te mengen door de bouwvoor.
- Het perceel dat mogelijk kan worden overgenomen door mts. Snippert (kadastrale percelen 10622 en 10624) heeft een vrij hoge beschikbare bodemvoorraad, maar de directe P-beschikbaarheid is laag. Er worden geen aanvullende maatregelen geadviseerd om de directe P-beschikbaarheid te verlagen, het voorkomen van erosie van bodemdeeltjes naar de aangrenzende beek is voldoende.

Literatuur

- Chardon W, Groenenberg B-JE, & Koopmans GF** (2014). *Immobiliseren Fosfaat Met Ijzerslib*. Landschap 3: 117–22.
- De Bakker H & Schelling J** (1966). *Systeem van Bodemclassificatie Voor Nederland - De Hogere Niveaus*. Wageningen.
- Koopmans GF, Hiemstra T, Vaseur C, Chardon WJ, Voegelin A, & Groenenberg JE** (2020). *Use of Iron Oxide Nanoparticles for Immobilizing Phosphorus In-Situ: Increase in Soil Reactive Surface Area and Effect on Soluble Phosphorus*. *Science of the Total Environment* 711: 135220.
- Postma R, van Rotterdam D, & de Pater J** (2016). *Tweede Bodemonderzoek Landbouwpercelen Landgoederen Oldenzaal*. Wageningen.
- Provincie Overijssel** (2016). *Natura 2000 Beheerplan Landgoederen Oldenzaal*. Zwolle.
- (2018). *Stroomgebiedsrapportage, Landgoederen Oldenzaal, Uitwerkingsgebied Snoeijinkbeek Bovenloop*.
- (2023). *Inrichtingsplan Natura 2000-Gebied Landgoederen Oldenzaal, Herziening n.a.v. Uitspraak Raad van State, Deelgebied Liesketbeek/Snoeyinksbeek*.
- van Doorn M, van Rotterdam D, Ros G, Koopmans G, Smolders E, & de Vries W** (2023). *The Phosphorus Saturation Degree as a Universal Agronomic and Environmental Soil P Test*. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 54 (5): 385–404.
- van Rotterdam AMD, Bussink DW, Temminghoff EJM, & van Riemsdijk WH** (2012). *Predicting the Potential of Soils to Supply Phosphorus by Integrating Soil Chemical Processes and Standard Soil Tests*. *Geoderma* 189–190: 617–26.
- van Rotterdam D & Postma R** (2023). *Fosfaatverliezen Naar Het Oppervlaktewater Beperken - Uitwerking Maatregelen Voor Drie Percelen in Losser*. Wageningen.

Bijlage I Productblad waterijzer Aquaminerals



1. Identificatie van de stof en van de producent

Chemische naam van de stof:
IJzer(III)oxide hydraat

Handelsnaam:
Waterijzer, ijzerslib

EC-nr: 215-168-2; **CAS-nr:** 1309-37-1

REACH-nr: 01-2119457614-35-xxxx
Volledige registratienummers van individuele producenten zijn beschikbaar op www.aquaminerals.com

Gebruik van de stof:
Defosfatering en stankbestrijding bij afvalwaterbehandeling, ontzwaveling bij biogasproductie, ontzwaveling bij vergisting van huisvuil, grondstof in de baksteenindustrie en als bouwstof in werken.

Identificatie verstrekker van de stof:
AquaMinerals B.V. (Leverancier)

Herkomst waterijzer:
De stof ontstaat bij de bereiding van drinkwater uit ijzerhoudend grondwater, dan wel bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater.

Telefoonnummer voor noodgevallen:
Europees alarmnummer: 112

2. Gevaren

De stof is niet geclassificeerd als gevaarlijk afval volgens de CLP-wetgeving.

3. Samenstelling en informatie over de bestanddelen

Hoofdbestanddeel: IJzer(III)oxide hydraat

Samenstelling (gewichtspercentage op basis van droge stof):

Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O	:	80	-	100%
Inert (zand)	:	1	-	10%
Ca	:	<0,1	-	5%
P	:	0,1	-	4%
Al	:	<0,1	-	0,3%
Mg	:	<0,1	-	0,3%
Mn	:	<0,1	-	4%
Droge stof	:	7,5	-	30%

4. Eerstehulpmaatregelen

Bij normaal gebruik: N.v.t.

Overige maatregelen:

Instikken:	Bij zeer grote hoeveelheid arts raadplegen
Inademen:	N.v.t.
Huidcontact:	N.v.t.
Oogcontact:	Spoelen met water; arts raadplegen

5. Brandbestrijdingsmaatregelen

Waterijzer is onbrandbaar. Alle gangbare blusmiddelen kunnen worden toegepast.

6. Maatregelen bij het accidenteel vrijkomen van de stof

Spoelen met water.



7. Hantering en opslag

Hantering: Geen bijzonderheden
Opslag: Bij voorkeur opslag in tanks, bunker/silo's of depotvorming met behulp van keerwanden bij steekvast materiaal.

8. Maatregelen ter beheersing van blootstelling/persoonlijke bescherming

Inademen: Geen
Huidcontact: Geen
Oogcontact: Veiligheidsbril
Bij stofvorming: Stofmasker P1 of P3

9. Fysische en chemische eigenschappen

Fysische toestand: Steekvast of waterige suspensie
Kleur: Geel tot roodbruin
Geur: Neutraal
Smeltpunt (Fe_2O_3): 1565°C
Relatieve dichtheid: 1,05 - 1,20
Oplosbaarheid water: $< 1 \mu\text{g/L Fe}$ bij 20°C
pH (opgelost) 7-8

10. Stabiliteit en reactiviteit

Stabiliteit: de stof is stabiel.

11. Toxicologische informatie

De stof is niet toxisch.

Gedetailleerde informatie is opgenomen in het Veiligheidsinformatierapport ijzer(III)oxide. Dit document is op te vragen bij AquaMinerals.

12. Milieu-informatie

De stof is niet eco-toxisch.

Gedetailleerde informatie is opgenomen in het Veiligheidsinformatierapport ijzer(II)oxide. Dit document is op te vragen bij AquaMinerals.

13. Instructies voor verwijdering

Verwijdering volgens nationale regelgeving voor niet-gevaarlijke, niet-brandbare stoffen.

14. Informatie m.b.t. vervoer

Vervoeren volgens nationale, Europese (EU) en internationale (OECD, ADR, IMDG, IATA) regelgeving voor niet-gevaarlijke stoffen.

15. Regelgeving

De stof is niet geclassificeerd als gevaarlijk volgens (EG) No 1272/2008 (CLP)

16. Overige informatie

Wijzigingen in deze versie.
Dit is versie 2 sinds de REACH-registratie.

Meer informatie nodig?:

Gedetailleerde informatie is opgenomen in het Veiligheidsinformatierapport ijzer(III)oxide. Dit document is op te vragen bij AquaMinerals.

Disclaimer

Bovenstaande gegevens beschrijven de veiligheidsinformatie voor het product IJzer(II)oxide. Alle gegevens zijn gebaseerd op de huidige kennis. De informatie is bedoeld als richtlijn voor het veilig omgaan met dit product evenals opslag, verwerking, transport en verwijdering ervan. Het is niet toegestaan de informatie te wijzigen of de informatie te gebruiken voor andere producten. Bij mengen, malen en/of verwerken van ijzer(III)oxide met andere producten is de informatie mogelijk niet meer in zijn geheel van toepassing op het nieuwe materiaal. Het is de eigen verantwoordelijkheid van de gebruiker de nodige voorzorgsmaatregelen te treffen alsmede er zorg voor te dragen dat de informatie compleet en toereikend is voor veilig gebruik van dit product.



AquaMinerals B.V.
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Tel: 030 – 60 69 721
info@aquaminerals.com
www.aquaminerals.com



Bijlage II Samenstelling waterijzer Aquaminerals

Locatie Spannenburg



Aqua Minerals B.V.
T.a.v. mevrouw V. Calmer
Postbus 1072
3430BB NIEUWEGEIN

Uw kenmerk : OPB51669 Spannenburg vloeibaar waterijzer
Ons kenmerk : Project 1178320
Validatierefer. : 1178320_certificaat_v1
Opdrachtverificatiecode: XLHL-QRKR-UNTD-CUOU
Bijlage(n) : 2 tabel(len) + 1 oliechromatogram(men) + 2 bijlage(n)

Amsterdam, 10 mei 2021

Hierbij zend ik u de resultaten van het laboratoriumonderzoek dat op uw verzoek is uitgevoerd in de door u aangeboden monsters.

De resultaten hebben uitsluitend betrekking op de monsters, zoals die door u voor analyse ter beschikking werden gesteld.

Het onderzoek is, met uitzondering van eventueel uitbesteed onderzoek, uitgevoerd door Eurofins Omegam volgens de methoden zoals ze zijn vastgelegd in het geldende accreditatie-certificaat L086 en/of in de bundel "Analysevoorschriften Eurofins Omegam". De in dit onderzoek uitgevoerde onderzoeksmethoden van de geaccrediteerde analyses zijn in een aparte bijlage als onderdeel van dit analyse-certificaat opgenomen. De methoden zijn, voor zover mogelijk, ontleend aan de accreditatieprogramma's/schema's en NEN- EN- en/of ISO-voorschriften.

Ik wijs u erop dat het analyse-certificaat alleen in zijn geheel mag worden gereproduceerd. Ik vertrouw erop uw opdracht volledig en naar tevredenheid te hebben uitgevoerd. Heeft u naar aanleiding van deze rapportage nog vragen, dan verzoek ik u contact op te nemen met onze klantenservice.

Hoogachtend,
namens Eurofins Omegam,

Ing. J. Tukker
Manager productie

Op dit certificaat zijn onze algemene voorwaarden van toepassing.
Dit analyse-certificaat mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Eurofins Omegam B.V.
H.J.E. Wenckebachweg 120
NL-1114 AD Amsterdam-Duivendrecht
Nederland

T +31-(0)20-597 66 80
CSOmegam@eurofins.com
www.eurofins.nl

IBAN NL 16 BNPA 0227667980
BIC BNPANL2A
BTW nr. NL8139.67.132.B01
KvK nr. 34215654

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1178320
Uw project omschrijving : OPB51669 Spannenburg vloeibaar waterijzer
Opdrachtgever : Aqua Minerals B.V.

Uw Monsterreferenties
 6704664 = Spannenburg vloeibaar waterijzer

Opgegeven bemonsteringsdatum : 14/04/2021
Ontvangstdatum opdracht : 19/04/2021
Startdatum : 19/04/2021
Monstercode : 6704664
Uw Matrix : Slib

Algemeen onderzoek - fysisch

Q droge stof % (m/m) 8,2

Diverse parameters geotechnisch onderzoek:

inerte bestanddelen % (m/m ds) 10,4

Anorganische parameters - metalen

aluminium (Al) mg/kg ds 160
 Q arseen (As) mg/kg ds < 4,0
 Q barium (Ba) mg/kg ds 1300
 Q cadmium (Cd) mg/kg ds < 0,20
 calcium (Ca) mg/kg ds 54000
 Q chroom (Cr) mg/kg ds < 10
 fosfor als P2O5 mg/kg ds 29000
 Q ijzer (Fe) mg/kg ds 380000
 Q kobalt (Co) mg/kg ds < 3,0
 Q koper (Cu) mg/kg ds < 5,0
 Q kwik (Hg) (niet vluchtig) mg/kg ds < 0,05
 Q lood (Pb) mg/kg ds < 10
 magnesium (Mg) mg/kg ds 820
 Q mangaan (Mn) mg/kg ds 2000
 Q molybdeen (Mo) mg/kg ds < 1,5
 Q nikkel (Ni) mg/kg ds < 4
 Q zink (Zn) mg/kg ds < 20

Organische parameters - niet aromatisch

Q minerale olie (florisil clean-up) mg/kg ds < 35

Organische parameters - aromatisch

Polycyclische koolwaterstoffen:

Q naftaleen mg/kg ds < 0,15
 Q fenantreen mg/kg ds < 0,15
 Q anthraceen mg/kg ds < 0,15
 Q fluoranteen mg/kg ds < 0,15
 Q benzo(a)antraceen mg/kg ds < 0,15
 Q chryseen mg/kg ds < 0,15
 Q benzo(k)fluoranteen mg/kg ds < 0,15
 Q benzo(a)pyreen mg/kg ds < 0,15
 Q benzo(ghi)peryleen mg/kg ds < 0,15
 Q indeno(1,2,3-cd)pyreen mg/kg ds < 0,15
 som PAK (10) mg/kg ds 1,0

Organische parameters - gehalogeneerd

Q extr. org. halogeen (EOX) mg/kg ds 0,16

Organische parameters - overig

Q chemisch zuurstofverbruik (CZV) g/kg ds 130
 org. koolstof g/kg ds 47
 Q organische stof % 8,1

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

- De met een 'Q' gemerkte analyses zijn door RvA geaccrediteerd (registratienummer L086).

Opdrachtverificatiecode: XLHL-QRKR-UNTD-CUOU

Ref.: 1178320_certificaat_v1

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1178320
Uw project omschrijving : OPB51669 Spannenburg vloeibaar waterijzer
Opdrachtgever : Aqua Minerals B.V.

Opmerkingen m.b.t. analyses

Opmerking(en) algemeen

De volgende informatie is indien van toepassing verstrekt door de opdrachtgever:
Project omschrijving, Monsterreferentie(s), Opgegeven bemonsteringsdatum, Matrix, Monsterdiepte, Potnr (Barcode),
Veldgegevens, Veldwaarnemingen en Bemonsteringsdata. De opgegeven bemonsteringsdatum kan van invloed zijn op
de geldigheid van de resultaten.

Sommatie van concentraties voor groepsparameters

De sommatie is uitgevoerd volgens AS3000 paragraaf 2.5.2 en bijlage 3.

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

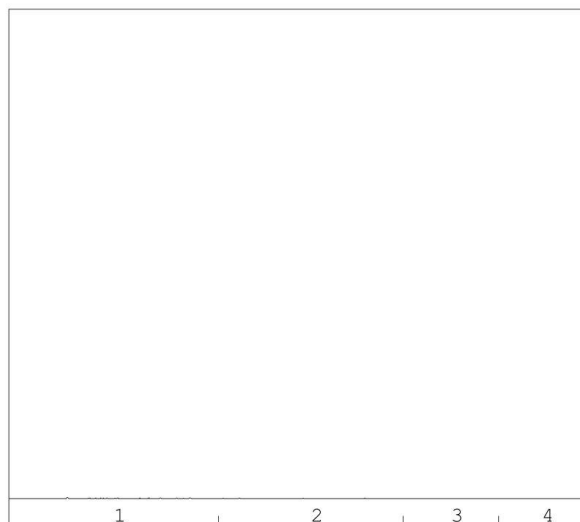
Opdrachtverificatiecode: XLHL-QRKR-UNTD-CUOU

Ref.: 1178320_certificaat_v1

OLIE-ONDERZOEK

Monstercode : 6704664
Uw project : OPB51669 Spannenburg vloeibaar waterijzer
omschrijving
Uw referentie : Spannenburg vloeibaar waterijzer
Methode : minerale olie (florisil clean-up)

OLIECHROMATOGRAM



minerale olie gehalte: <35 mg/kg ds

→
oliefractieverdeling

Minerale olie

Interpretatie: raadpleeg voor de typering van de oliesoort de OMEGAM oliebibliotheek.

De hoogte van de signalen is geen maat voor de concentratie van de olie in het monster.
(Het chromatogram heeft een variabele schaalindeling)

Bij een minerale olie gehalte kleiner dan de rapportagegrens worden geen oliefracties weergegeven.

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Opdrachtverificatiecode: XLHL-QRKR-UNTD-CUOU

Ref.: 1178320_certificaat_v1

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode	: 1178320
Uw project omschrijving	: OPB51669 Spannenburg vloeibaar waterijzer
Opdrachtgever	: Aqua Minerals B.V.

Houdbaarheid- & conserveringsopmerkingen

De onderstaande constatering(en) wijzen op een afwijking van het SIKB-protocol 3001 (Conserveringsmethoden en conserveringstermijnen van milieumonsters). Deze afwijking resulteert in de volgende voorgeschreven opmerking: *"Er zijn verschillen met de richtlijnen geconstateerd die de betrouwbaarheid van de gemarkeerde resultaten in dit analyserapport mogelijk hebben beïnvloed."* Deze bijlage vormt samen met andere bijlagen, tabellen en het voorblad, een integraal onderdeel van dit analyse-certificaat.

Uw referentie	: Spannenburg vloeibaar waterijzer
Monstercode	: 6704664

Opmerking(en) by analyse(s):

Extr. org. halogeen (EOX): Minerale olie (florisil clean-up): PAKs:	- De conserveringstermijn is overschreden omdat de opdracht/monster niet binnen de afgesproken termijn is ontvangen/aangeleverd. - De conserveringstermijn is overschreden omdat de opdracht/monster niet binnen de afgesproken termijn is ontvangen/aangeleverd. - De conserveringstermijn is overschreden omdat de opdracht/monster niet binnen de afgesproken termijn is ontvangen/aangeleverd.
---	--

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Opdrachtverificatiecode: XLHL-QRKR-UNTD-CUOU

Ref.: 1178320_certificaat_v1

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode	: 1178320
Uw project omschrijving	: OPB51669 Spannenburg vloeibaar waterijzer
Opdrachtgever	: Aqua Minerals B.V.

Analysemethoden in Slib

In dit analysecertificaat zijn de met 'Q' gemerkte analyses uitgevoerd volgens de onderstaande analysemethoden. De matrix slib is representatief voor slib en waterbodem. Deze analyses zijn vastgelegd in het geldende accreditatie-certificaat met bijbehorende verrichtingenlijst L086 van Eurofins Omegam BV.

Droge stof	: Eigen methode
Arseen (As)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Barium (Ba)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Cadmium (Cd)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Chroom (Cr)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
IJzer (Fe)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Kobalt (Co)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Koper (Cu)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Kwik (Hg) (niet vluchtig)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Lood (Pb)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Mangaan (Mn)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Molybdeen (Mo)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Nikkel (Ni)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Zink (Zn)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Minerale olie (florisil clean-up)	: Eigen methode
PAKs	: Eigen methode
Extr. org. halogeen (EOX)	: Eigen methode
CZV en organische stof	: Eigen methode

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Opdrachtverificatiecode: XLHL-QRKR-UNTD-CUOU

Ref.: 1178320_certificaat_v1

Locatie Sint Jans klooster



Aqua Minerals B.V.
T.a.v. mevrouw V. Calmer
Postbus 1072
3430BB NIEUWEGEIN

Uw kenmerk : OPB62426 Sint Jans klooster vloeibaar waterijzer
Ons kenmerk : Project 1330556
Validatieref. : 1330556_certificaat_v1
Opdrachtverificatiecode: NSVV-JKZH-KRZC-FSUR
Bijlage(n) : 2 tabel(len) + 1 oliechromatogram(men) + 2 bijlage(n)

Amsterdam, 14 april 2022

Hierbij zend ik u de resultaten van het laboratoriumonderzoek dat op uw verzoek is uitgevoerd in de door u aangeboden monsters.

De resultaten hebben uitsluitend betrekking op de monsters, zoals die door u voor analyse ter beschikking werden gesteld.

Het onderzoek is, met uitzondering van eventueel uitbesteed onderzoek, uitgevoerd door Eurofins Omegam volgens de methoden zoals ze zijn vastgelegd in het geldende accreditatie-certificaat L086 en/of in de bundel "Analysevoorschriften Eurofins Omegam". De in dit onderzoek uitgevoerde onderzoeksmethoden van de geaccrediteerde analyses zijn in een aparte bijlage als onderdeel van dit analyse-certificaat opgenomen. De methoden zijn, voor zover mogelijk, ontleend aan de accreditatieprogramma's/schema's en NEN- EN- en/of ISO-voorschriften.

Ik wijs u erop dat het analyse-certificaat alleen in zijn geheel mag worden gereproduceerd. Ik vertrouw erop uw opdracht volledig en naar tevredenheid te hebben uitgevoerd. Heeft u naar aanleiding van deze rapportage nog vragen, dan verzoek ik u contact op te nemen met onze klantenservice.

Hoogachtend,
namens Eurofins Omegam,

Ing. J. Tukker
Manager productie

Op dit certificaat zijn onze algemene voorwaarden van toepassing.
Dit analyse-certificaat mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Eurofins Omegam B.V.
H.J.E. Wenckebachweg 120
NL-1114 AD Amsterdam-Duivendrecht
Nederland

T +31-(0)20-597 66 80
CSOmegam@eurofins.com
www.eurofins.nl

IBAN NL 16 BNPA 0227667980
BIC BNPNL2A
BTW nr. NL8139.67.132.B01
KvK nr. 34215654

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1330556
Uw project omschrijving : OPB62426 Sint Jansklooster vloeibaar waterijzer
Opdrachtgever : Aqua Minerals B.V.

Uw Monsterreferenties
 7115563 = Sint Jansklooster vloeibaar waterijzer

Opgegeven bemonsteringsdatum : 25/03/2022
Ontvangstdatum opdracht : 24/03/2022
Startdatum : 25/03/2022
Monstercode : 7115563
Uw Matrix : Slib

Algemeen onderzoek - fysisch
 Q droge stof % (m/m) 9
Diverse parameters geotechnisch onderzoek:
 inerte bestanddelen % (m/m ds) 7,9

Anorganische parameters - metalen
 aluminium (Al) mg/kg ds 800
 Q arseen (As) mg/kg ds 110
 Q barium (Ba) mg/kg ds 730
 Q cadmium (Cd) mg/kg ds < 0,20
 calcium (Ca) mg/kg ds 57000
 Q chroom (Cr) mg/kg ds 21
 fosfor als P2O5 mg/kg ds 16000
 Q ijzer (Fe) mg/kg ds 340000
 Q kobalt (Co) mg/kg ds 3,8
 Q koper (Cu) mg/kg ds < 5,0
 Q kwik (Hg) (niet vluchtig) mg/kg ds < 0,05
 Q lood (Pb) mg/kg ds < 10
 magnesium (Mg) mg/kg ds 1700
 Q mangaan (Mn) mg/kg ds 2900
 Q molybdeen (Mo) mg/kg ds < 1,5
 Q nikkel (Ni) mg/kg ds 6
 Q zink (Zn) mg/kg ds < 20

Organische parameters - niet aromatisch
 Q minerale olie (florisil clean-up) mg/kg ds < 35

Organische parameters - aromatisch
Polycyclische koolwaterstoffen:
 Q naftaleen mg/kg ds < 0,15
 Q fenantreen mg/kg ds < 0,15
 Q anthraceen mg/kg ds < 0,15
 Q fluoranteen mg/kg ds < 0,15
 Q benzo(a)antraceen mg/kg ds < 0,15
 Q chryseen mg/kg ds < 0,15
 Q benzo(k)fluoranteen mg/kg ds < 0,15
 Q benzo(a)pyreen mg/kg ds < 0,15
 Q benzo(ghi)peryleen mg/kg ds < 0,15
 Q indeno(1,2,3-cd)pyreen mg/kg ds < 0,15
 som PAK (10) mg/kg ds 1,0

Organische parameters - gehalogeneerd
 Q extr. org. halogeen (EOX) mg/kg ds < 0,1

Organische parameters - overig
 Q chemisch zuurstofverbruik (CZV) g/kg ds 180
 org. koolstof g/kg ds 68
 Q organische stof % 12

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.
 - De met een 'Q' gemerkte analyses zijn door RvA geaccrediteerd (registratienummer L086).
 Opdrachtverificatiecode: NSW-JKZH-KRZC-FSUR

Ref.: 1330556_certificaat_v1

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode	: 1330556
Uw project omschrijving	: OPB62426 Sint Jansklooster vloeibaar waterijzer
Opdrachtgever	: Aqua Minerals B.V.

Opmerkingen m.b.t. analyses

Opmerking(en) algemeen

De volgende informatie is indien van toepassing verstrekt door de opdrachtgever:
 Project omschrijving, Monsterreferentie(s), Opgegeven bemonsteringsdatum, Matrix, Monsterdiepte, Potnr (Barcode),
 Veldgegevens, Veldwaarnemingen en Bemonsteringsdata. De opgegeven bemonsteringsdatum kan van invloed zijn op
 de geldigheid van de resultaten.

Sommatie van concentraties voor groepsparameters

De sommatie is uitgevoerd volgens AS3000 paragraaf 2.5.2 en bijlage 3.

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

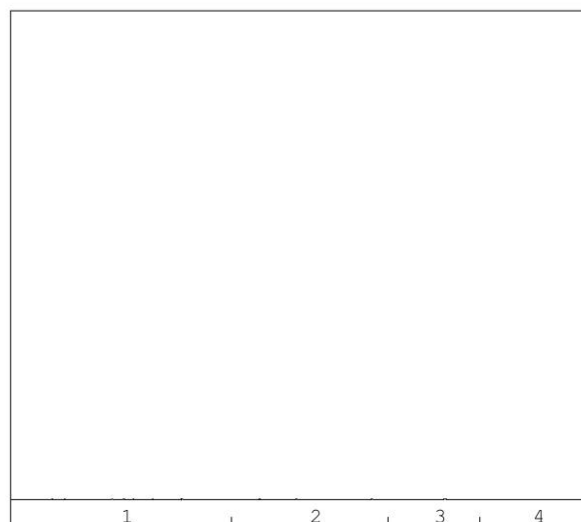
Opdrachtverificatiecode: NSW-JKZH-KRZC-FSUR

Ref.: 1330556_certificaat_v1

OLIE-ONDERZOEK

Monstercode : 7115563
Uw project : OPB62426 Sint Jans klooster vloeibaar waterijzer
omschrijving
Uw referentie : Sint Jans klooster vloeibaar waterijzer
Methode : minerale olie (florisil clean-up)

OLIECHROMATOGRAM



minerale olie gehalte: <35 mg/kg ds

→
oliefractieverdeling

Minerale olie

Interpretatie: raadpleeg voor de typering van de oliesoort de OMEGAM oliebibliotheek.

De hoogte van de signalen is geen maat voor de concentratie van de olie in het monster.
(Het chromatogram heeft een variabele schaalindeling)

Bij een minerale olie gehalte kleiner dan de rapportagegrens worden geen oliefracties weergegeven.

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Opdrachtverificatiecode: NSV-JKZH-KRZC-FSUR

Ref.: 1330556_certificaat_v1

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1330556
 Uw project omschrijving : OPB62426 Sint Jansklooster vloeibaar waterijzer
 Opdrachtgever : Aqua Minerals B.V.

Houdbaarheid- & conserveringsopmerkingen

De onderstaande constatering(en) wijzen op een afwijking van het SIKB-protocol 3001 (Conserveringsmethoden en conserveringstermijnen van milieu monsters). Deze afwijking resulteert in de volgende voorgeschreven opmerking: *"Er zijn verschillen met de richtlijnen geconstateerd die de betrouwbaarheid van de gemarkeerde resultaten in dit analyserapport mogelijk hebben beïnvloed."* Deze bijlage vormt samen met andere bijlagen, tabellen en het voorblad, een integraal onderdeel van dit analyse-certificaat.

Uw referentie : Sint Jansklooster vloeibaar waterijzer
 Monstercode : 7115563

Opmerking(en) by analyse(s):

Extr. org. halogeen (EOX): - De conserveringstermijn is overschreden door vertraging in de laboratorium afhandeling.
 Minerale olie (florisil clean-up): - De conserveringstermijn is overschreden door vertraging in de laboratorium afhandeling.

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Opdrachtverificatiecode: NSW-JKZH-KRZC-FSUR

Ref.: 1330556_certificaat_v1

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode	: 1330556
Uw project omschrijving	: OPB62426 Sint Jansklooster vloeibaar waterijzer
Opdrachtgever	: Aqua Minerals B.V.

Analysemethoden Slib

In dit analysecertificaat zijn de met 'Q' gemerkte analyses uitgevoerd volgens de onderstaande analysemethoden. De matrix slib is representatief voor slib en waterbodem. Deze analyses zijn vastgelegd in het geldende accreditatie-certificaat met bijbehorende verrichtingenlijst L086 van Eurofins Omegam BV.

Droge stof	: Eigen methode
Arseen (As)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Barium (Ba)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Cadmium (Cd)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Chroom (Cr)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
IJzer (Fe)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Kobalt (Co)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Koper (Cu)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Kwik (Hg) (niet vluchtig)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Lood (Pb)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Mangaan (Mn)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Molybdeen (Mo)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Nikkel (Ni)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Zink (Zn)	: Conform NEN-EN-ISO 17294-2 en destructie conform NEN-EN 13346
Minerale olie (florisil clean-up)	: Eigen methode
PAKs	: Eigen methode
Extr. org. halogeen (EOX)	: Eigen methode
CZV en organische stof	: Eigen methode

Dit analyse-certificaat, inclusief voorblad en eventuele bijlage(n), mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Opdrachtverificatiecode: NSW-JKZH-KRZC-FSUR

Ref.: 1330556_certificaat_v1

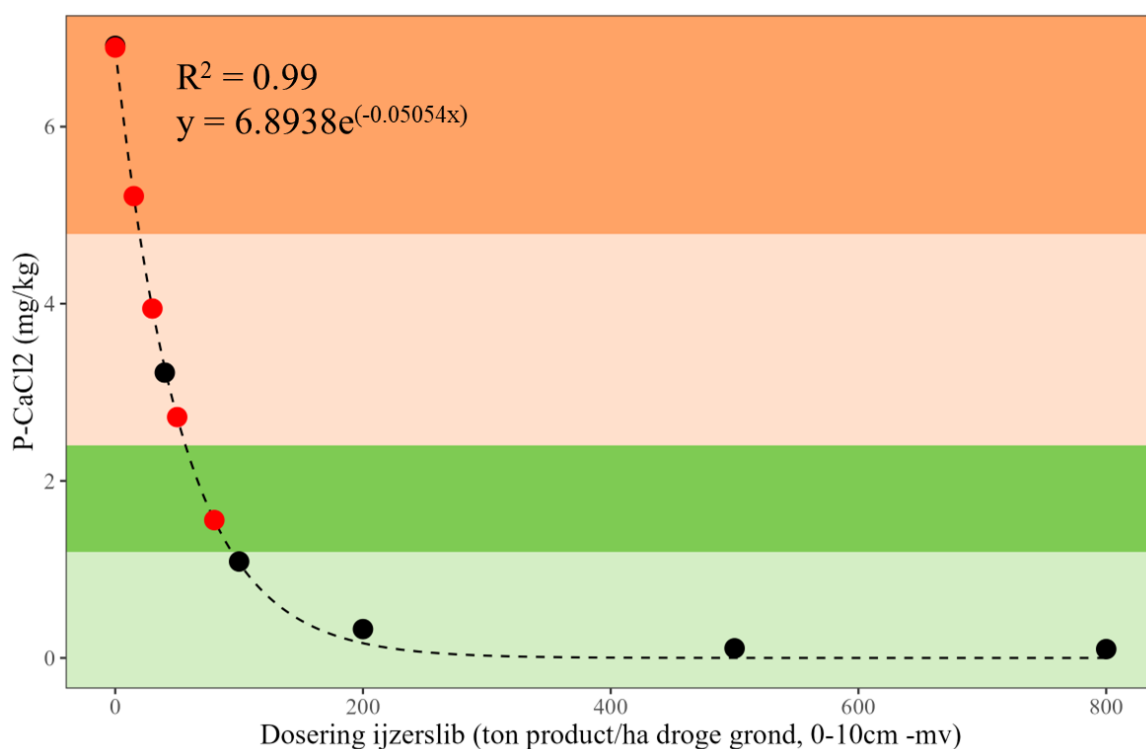
Bijlage III Grove incubatieproef

Om de dosering van ijzeroxideslib te bepalen is het nodig om een relatie te leggen tussen de dosering van ijzerslib en de daling in het direct beschikbare P gehalte in de bodem. De resultaten van Koopmans et al. (2020) geven een eerste uitgangspunt voor de bepaling van de dosering; hier is de relatie beschreven tussen de hoeveelheid toegediende oxiden en het direct beschikbare P gehalte in de bodem (rechts in Figuur 2.3). Uit deze proef blijkt dat het direct beschikbare P gehalte exponentieel afneemt met een dosering van ijzeroxideslib. Het direct beschikbare P gehalte is in de veldproef van Koopmans et al. (2020) echter in de uitgangssituatie al zeer laag (i.e. een P_{CaCl_2} gehalte van rond de 1 mg kg⁻¹). Het direct beschikbare P gehalte is in het huidig onderzoek veel hoger (tot 10.4 mg kg⁻¹, Tabel 4-2). Gezien de exponentiële relatie tussen de dosering ijzeroxideslib en het direct beschikbare P gehalte in de bodem is de verwachting dat de benodigde dosering van ijzeroxideslib lager ligt dan op basis van de resultaten in Koopmans et al. (2020) te verwachten valt. In de groffe incubatieproef is tot doel gesteld om te onderzoeken welke range van doseringen relevant is om nader te onderzoeken in een gedetailleerde incubatieproef.

De groffe incubatieproef is op dezelfde manier uitgevoerd als de gedetailleerde incubatieproef, met uitzondering van het volgende:

- De range aan doseringen was breder, i.e. doseringen van 0, 40, 100, 200, 500 en 800 ton product/hectare droge grond (0-10cm bodemlaag) zijn aangehouden. De hoogste dosering correspondeert met de dosering als berekend volgend de relatie tussen dosering en P_{CaCl_2} als geobserveerd in Koopmans et al., 2020. Als eerder beschreven is de verwachting dat de dosering van ijzeroxideslib sneller tot een daling in P_{CaCl_2} leidt dan op basis van de resultaten in Koopmans et al. (2020) te verwachten valt (door een hoger initieel P_{CaCl_2} gehalte op de percelen dan in de proef van Koopmans et al., 2020). Hierdoor is ervoor gekozen om een focus te leggen op het effect van lagere doseringen.
- De proef is in enkelvoud uitgevoerd (in plaats van triplo)
- De monsters zijn alleen geanalyseerd op anorganisch P (P_{CaCl_2} als gemeten met een discrete analyser) en pH_{CaCl_2} .

Het initieel P gehalte (P_{CaCl_2}) was 6.9 mg kg⁻¹ en liep exponentieel af met een toenemende dosering van ijzeroxideslib (tot beneden de detectielimiet, Figuur S3-1). In lijn der verwachting leidde een dosering van 800 ton product ha⁻¹ droge grond tot een veel sterkere daling in P_{CaCl_2} (beneden detectie) dan op basis van de resultaten van Koopmans et al. (2020) te verwachten viel. Om het initiële P-gehalte te verlagen tot 1.2-2.4 mg kg⁻¹ is, voor de grond die is meegenomen in de groffe incubatieproef, een dosering van maximaal 95 ton ijzerslib per hectare droge grond nodig. Op basis van de resultaten is ervoor gekozen om de relatie tussen doseringen in de lage range (0-80 ton product per hectare droge grond) en het P_{CaCl_2} gehalte in de bodem nader te onderzoeken voor de deelgebieden die in aanmerking komen voor de dosering van ijzeroxideslib. Doseringen van 0, 15, 30, 50 en 80 ton ijzeroxideslib per hectare droge grond zijn nader onderzocht in de gedetailleerde incubatieproef (rode stippen in Figuur S3-1).



Figuur S3-1 De dosering van ijzerslib uitgezet tegenover het direct beschikbare P gehalte in de bodem (P_{CaCl_2}) als geobserveerd in de groffe incubatieproef (zwarte stippen). De stippellijn correspondeert met een exponentiële regressielijn. Op basis van deze resultaten zijn doseringen geselecteerd die zijn gebruikt in de gedetailleerde incubatieproef (rode stippen). Lichtgroen: P_{CaCl_2} is beneden het einddoel van 1.2 mg kg^{-1} gemeten. Donkergroen: P_{CaCl_2} is tussen het einddoel van 1.2 mg kg^{-1} en het tussendoel van 2.4 mg kg^{-1} gemeten. Lichtoranje: P_{CaCl_2} is boven het tussendoel van 2.4 mg kg^{-1} en 4.8 mg kg^{-1} gemeten. Donkeroranje: P_{CaCl_2} is hoger dan tweemaal het tussendoel ($>4.8 \text{ mg kg}^{-1}$) gemeten.

Bijlage IV Analyseresultaten bodem

Tabel S4-1 Zuurgraad (pH_{CaCl_2}), organische stofgehalte (OS) en textuur (zand, klei-siltgehalten) van de bemonsterde bodemlagen

Locatie	Diepte (cm -mv)	pH_{CaCl_2}	OS (%)	Zand (%)	Klei (%)	Silt (%)
Perceel H6771						
L1	0-25	4.8	3.9	70.1	5	21.1
L1	25-A	4.7	3.5	61.3	6	29.4
L2	0-25	4.8	4	66.4	5.9	23.8
L2	25-A	4.9	4	71	4	21.1
L3	0-25	5.3	3.6	70.3	6.5	19.6
L3	25-A	5.3	3.3	67.3	7	22.6
L4	0-25	5.1				
L4	25-A	5.1	3.8	70.6	5.4	20.3
Perceel H5823						
L5	0-25	5.7	4	67.3	6.6	22.1
L5	25-A	5.7	3.4	71.3	4.3	21.2
L6	0-25	4.8	3.9	64.9	6	25.2
L6	25-A	4.8	3.9	61.4	6.3	28.4
L7	0-25	4.4	4.1	67	5.2	23.7
L7	25-A	4.4	4.2	65.3	4.5	26
Perceel H10624						
L8	0-25	4.7	3.6	64.6	6.7	25.1
L8	25-A	5	2.9	64.3	6.1	26.8
L9	0-25	4.2	4.1	68.4	5.4	22.1
L9	25-A	4.1	3.6	63.3	7.1	26.1
L10	0-25	4	4.3	65.2	6.3	24.2
L10	25-A	4	4.1	61.1	6.7	28.1
L11	0-25	4.2	4.6	59.5	7.3	28.6
L11	25-A	4.2	3.9	59.8	7.7	28.7
Perceel H6990						
L12	0-25	5.3	2.4	54	8.7	35
L12	25-A	5.5	2.1	70	6.5	21.7
L13	0-25	5.3	2.6	50.1	8.9	38.5
L14	0-25	5.3	3	49.9	9.8	37.4
L14	25-A	5.3	2.8	61.9	7.7	27.8

Tabel S4-2 Zuurgraad (pH_{CaCl_2}), organische stofgehalte (OS), klei-humuscomplex ofwel Cation Exchange Capacity (CEC), de bezetting van de CEC met basische kationen (Ca, Mg, K en Na) en aluminium (Al) en het direct beschikbare aluminiumgehalte (Al_{CaCl_2}) van de bemonsterde bodemlagen.

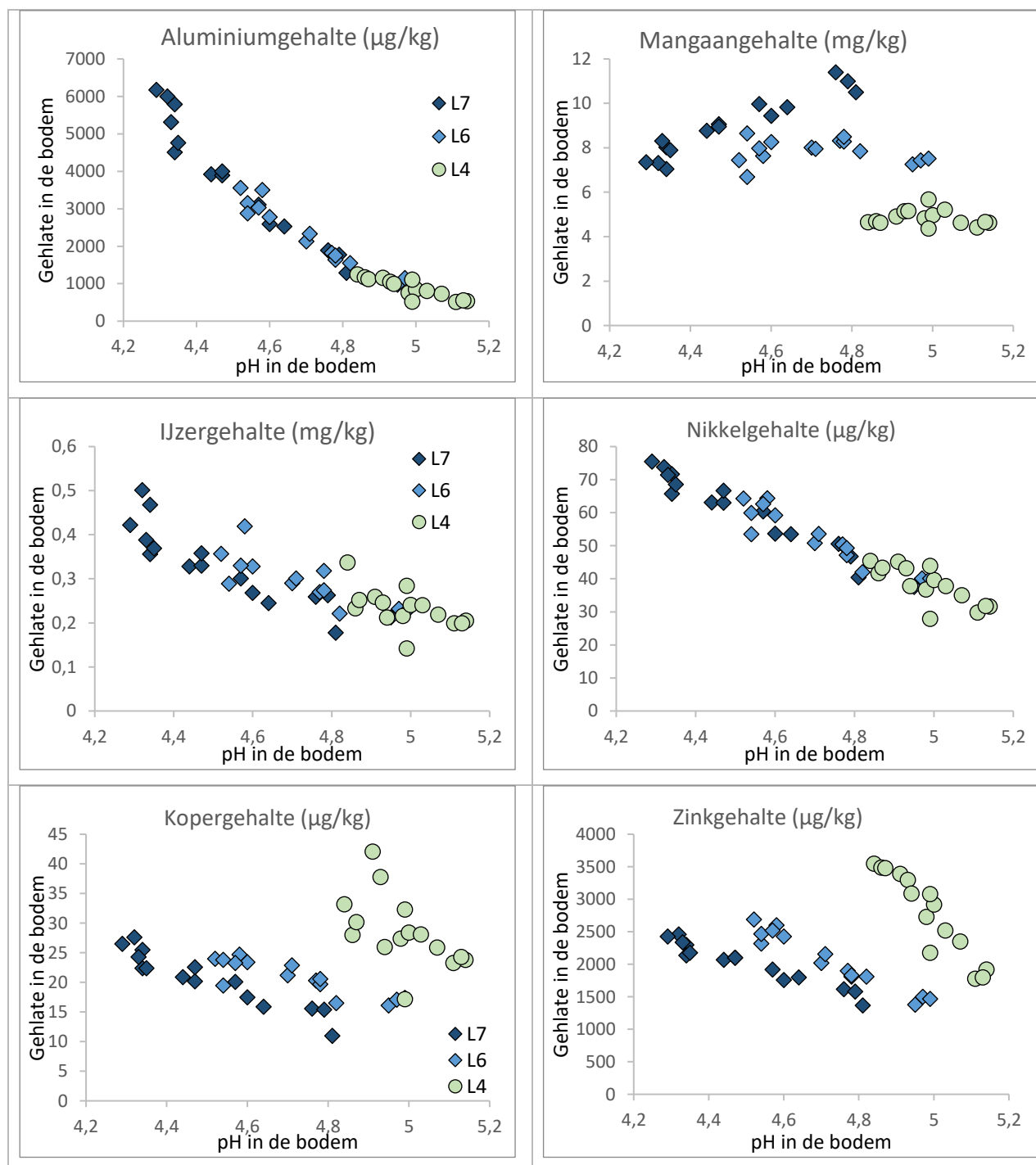
Locatie	Diepte (cm -mv)	pH_{CaCl_2}	OS (%)	CEC (mmol+ kg ⁻¹)	Basen-bez CEC (%)	Al-bez CEC (%)	Al_{CaCl_2} (mg kg ⁻¹)
Perceel H6771							
L1	0-25	4.8	3.9	79.2	32.9	4.5	4.6
L1	25-A	4.7	3.5	42.2	61.5	12.8	6.4
L2	0-25	4.8	4	54.6	68.6	1.5	1.6
L2	25-A	4.9	4	77.8	49.2	1.3	1.4
L3	0-25	5.3	3.6	76.2	59.3	0.4	0.7
L3	25-A	5.3	3.3	76.5	58.4	0.5	0.8
L4	0-25	5.1		66.2	64.5	0.5	0.7
L4	25-A	5.1	3.8	77.3	54.8	0.4	0.9
Perceel H5823							
L5	0-25	5.7	4	94.1	63.5	0	0.3
L5	25-A	5.7	3.4	91.8	60	0.1	0.4
L6	0-25	4.8	3.9	75	41.9	1.8	1.8
L6	25-A	4.8	3.9	72.4	43.2	3	2.3
L7	0-25	4.4	4.1	71.5	35.7	4	4
L7	25-A	4.4	4.2	98.4	29.6	6.6	5.5
Perceel H10624							
L8	0-25	4.7	3.6	76.5	39.9	3.3	3.9
L8	25-A	5	2.9	73.3	38.9	1.6	1.5
L9	0-25	4.2	4.1	55.3	31.6	12.7	13.5
L9	25-A	4.1	3.6	57.4	20.9	20.8	22.8
L10	0-25	4	4.3	53.7	30.7	15.8	16.2
L10	25-A	4	4.1	65.3	14	19.3	28.5
L11	0-25	4.2	4.6	52.9	39.6	13.9	12.3
L11	25-A	4.2	3.9	51.9	32	20.1	15.4
Perceel H6990							
L12	0-25	5.3	2.4	89.6	49.9	0.4	0.3
L12	25-A	5.5	2.1	101.4	41.5	0.2	0.2
L13	0-25	5.3	2.6	93.9	53.1	0.5	0.6
L14	0-25	5.3	3	133.1	35.2	0.4	0.6
L14	25-A	5.3	2.8	95.9	48.5	0.5	0.6

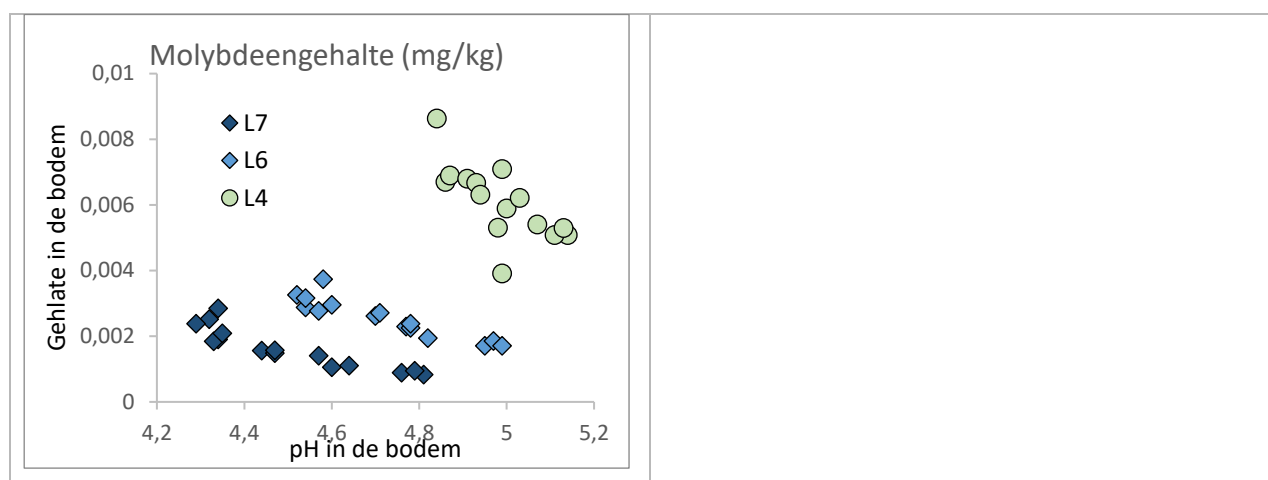
Tabel S4- 3 Gehalten aan amorf ijzer- en aluminium-(hydr)oxiden (Fe_{OX} , Al_{OX}), totaal reversibel gebonden P (P_{OX}), reversibel, matig sterk gebonden P wat de P concentratie in bodemoplossing buffert (P_{AL}) en direct beschikbaar P (P_{CaCl_2}) van de bemonsterde bodemlagen.

Locatie	Diepte (cm - mv)	Fe_{OX} (mmol kg^{-1})	Al_{OX} (mmol kg^{-1})	P_{OX} (mmol kg^{-1})	P_{AL} (mg P_2O_5 $100g^{-1}$)	P_{CaCl_2} (mg kg^{-1})
Perceel H6771						
L1	0-25	27.2	33.8	12.9	34.9	0.4
L1	25-A	23.4	34.3	6.8	16.6	0.1
L2	0-25	25.8	30.9	24.9	78.4	8.6
L2	25-A	23	31.7	17.7	67.5	4.6
L3	0-25	25.4	30	16.5	61.7	1.6
L3	25-A	21.5	30.6	10.8	37.3	0.4
L4	0-25	25.1	29.9	26	90.3	10.3
L4	25-A	24.8	29.6	17.9	66.8	4.7
Perceel H5823						
L5	0-25	29.2	43.1	21.4	73.9	0.7
L5	25-A	23	41.3	12.8	48.1	0.2
L6	0-25	31.4	32.1	23.9	81.4	3.6
L6	25-A	34.2	32.7	16.8	53.4	0.6
L7	0-25	30.7	32.1	23.9	68.7	5
L7	25-A	36.7	32.9	15.7	43.8	1.1
Perceel H10624						
L8	0-25	37.1	30.5	21.5	68.9	1
L8	25-A	36.6	29.7	17.8	72.5	0.3
L9	0-25	36.5	30.1	19.2	60.7	1.3
L9	25-A	42.3	32.9	11.7	23.6	0.1
L10	0-25	37.7	29.9	19.6	57.6	1.8
L10	25-A	40.5	30.2	11.5	23.2	0.2
L11	0-25	36.2	29.1	17.7	56	1
L11	25-A	38.4	29.6	11.2	25.2	0.1
Perceel H6990						
L12	0-25	51	23.4	16.7	58.1	0.7
L12	25-A	44	19.8	12.5	43.5	0.4
L13	0-25	53	28.9	16.4	49.1	0.5
L14	0-25	49.3	28	15.8	47.2	0.6
L14	25-A	51.1	29.6	14.8	43	0.4

Bijlage V IJzeroxideslib en beschikbaarheid metalen

Onderstaande figuren laten de relatie zien tussen beschikbare gehalten van metalen in de bodem in relatie tot pH van de bodem in de doseringsproef voor de deelgebieden L4, L6 en L7 waar het ijzeroxideslib zal worden toegepast.







Nutriënten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl

BIJLAGE

4

VERNATTING IRT
AGRARISCH
GRONDGEBRUIK

Grondwaterverhoging Natura2000 Landgoederen Oldenzaal

Analytische bepalingen van grondwatereffecten op agrarische percelen

Colofon

Titel:	Grondwaterverhoging Natura2000 Landgoederen Oldenzaal Analytische bepalingen van grondwatereffecten op agrarische percelen
Opdrachtgever:	Provincie Overijssel Postbus 10078 8000 GB Zwolle
Uitgebracht door:	Badus Bodem & Water Bevrijdingsstraat 24 6703 AA Wageningen
Datum:	28 september 2018
Status:	definitief
Auteur:	ir. Joris Schaap (Badus Bodem & Water)
Kaartmateriaal:	Badus Bodem & Water Kadaster (ondergrond)

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1. Inleiding.....	4
Aanleiding.....	4
Doel	4
Uitgangspunten.....	4
Grondgebruiksmogelijkheden.....	4
2. Grondwaterverandering.....	6
Verwijderen of onklaar maken van drainage.....	6
Verondiepen of dempen waterloop.....	6
Aanleg retentiegebied.....	9
3. Resultaten.....	10
Inrichtingsplan 2017	10
Inrichtingsplan 2018	11
Grondwaterverhoging.....	12
4. Discussie en aanbevelingen	15
Mazure of Perrochet/Musy	15
Toekomstige grondgebruiksmogelijkheden	16
5. Conclusie.....	17
Referenties.....	18
Bijlage 1 Aanvullende effecten inrichtingsplan 2018.....	20

1. Inleiding

Aanleiding

Voor behoud en versterking van de natuur in Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal en Dinkelland (deel Snoeyinksbeek) zijn in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) hydrologische herstelmaatregelen voorgesteld. In het inrichtingsplan en stroomgebiedsanalyses zijn deze maatregelen beschreven (Provincie Overijssel, 2017). Een aantal van deze waterhuishoudkundige maatregelen hebben invloed op percelen van particulieren of agrariërs in de omgeving van het Natura2000-gebied. Provincie Overijssel heeft Badus Bodem & Water gevraagd de vernattende effecten op deze agrarische percelen in beeld te brengen, zodat toekomstige gebruiksmogelijkheden inzichtelijk worden. In 2018 zijn het inrichtingsplan en de stroomgebiedsanalyses als gevolg van reacties op het plan gewijzigd.

Doel

Het doel is om de mate van vernatting, in de vorm van een verandering in GHG en GLG, als gevolg van hydrologische herstelmaatregelen in en rond Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal te bepalen. In een vervolgstudie zijn de toekomstige gebruiksmogelijkheden op (landbouw)percelen uitgewerkt (Schaap, 2018).

Uitgangspunten

De hydrologische herstelmaatregelen uit het inrichtingsplan (Provincie Overijssel, 2017) vormen het uitgangspunt voor de bepaling van de hydrologische effecten. Deze effecten staan omschreven in een eerdere versie van dit rapport (Schaap, 2017a) en komen in deze studie terug. In 2018 is het inrichtingsplan op basis van de reacties op de terinzagelegging gewijzigd (Provincie Overijssel, 2018). Daar waar de wijzigingen en aanvullingen op het inrichtingsplan van 2017 de hydrologische uitgangspunten veranderen, zijn deze uitgangspunten aanvullend in dit rapport meegenomen.

In dit rapport wordt alleen ingegaan op percelen waar geen grondwatermodel van is opgesteld. Vanwege de complexe ondergrond en (geo)hydrologie in het gebied zijn grondwatereffecten op basis van analytische benaderingen bepaald. Extra vernattingseffecten als gevolg van maatregelen of omstandigheden die niet bekend waren in het grondwatermodel van 2017 zijn ook in dit rapport meegenomen. Voor de Snoeyinksbeek middenloop en benedenloop is een grondwatermodel opgesteld (Van Immerzeel, 2017), waarmee de huidige en toekomstige GHG en GLG als gevolg van het inrichtingsplan 2017 zijn berekend.

Grondgebruiksmogelijkheden

In het verleden is bij landinrichtingsprojecten en grootschalige kavelruil een nationale methode ontwikkeld die de waarde van grond bepaalt aan de hand van een geschiktheidsbeoordeling van landbouwgronden. Hiermee werd het mogelijk om percelen met dezelfde gebruikswaarde onderling uit te ruilen. Deze methode is geschikt om grondeigenaren inzicht te geven in toekomstige grondgebruiksmogelijkheden als gevolg van hydrologische maatregelen op of rond hun percelen. Dat gebeurt op basis van bodemkundige en hydrologische factoren, zoals bodemtype, vochtleverend vermogen en stevigheid van de bovengrond. De methode is in detail beschreven in de Handleiding bodemgeografisch onderzoek, Technisch Document 19D (Ten Cate et al, 1995). In deze handleiding zijn richtlijnen en voorschriften opgenomen voor de interpretatie van bodemkundige en hydrologische gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik, uitgaande van het classificatiesysteem van WIB-C (Haans, 1979).

Voor het vaststellen van de huidige en toekomstige gebruiksmogelijkheden van (agrarische) percelen moeten de grondwatereffecten vastgesteld worden. Deze heeft invloed op de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen en stevigheid van de bovengrond. De belangrijkste variabele voor de grondgebruiksverandering is een verandering van

de grondwatersituatie, weer te geven in een verandering in GHG en GLG. Dit onderhavige rapport gaat in op de grondwaterveranderingen van het inrichtingsplan, in een ander rapport (Schaap, 2018) zijn de grondgebruiksveranderingen op (landbouw)percelen uitgewerkt.

2. Grondwaterverandering

De verandering in GHG en GLG is afhankelijk van het type maatregel, de mate van deze maatregel (bijv. mate van verondieping) en de geohydrologische omstandigheden van het perceel, zoals de ondergrond van het perceel. In het inrichtingsplan van Landgoederen Oldenzaal staan de volgende maatregelen beschreven die een hydrologische impact (kunnen) hebben op de omgeving:

- verwijderen of onklaar maken van drainage
- verondiepen of dempen waterloop
- aanleg retentie- of inundatiegebied

Verwijderen of onklaar maken van drainage

Verwijderen of onklaar maken van drainage betekent een grondwaterstandsverandering over het oppervlakte waar de drainage ligt, veelal het gehele perceel. Het gebruik van veldkenmerken, de ondergrond, het functioneren van de huidige drainagemiddelen, en vergelijken van het gedraineerde perceel met vergelijkbare percelen zonder drainage, levert een expert-inschatting op van de nieuwe GHG-situatie. Drainage heeft met name invloed op de GHG, omdat de drainagemiddelen zo zijn aangelegd dat ze de pieken in grondwaterstand afvangen maar nog boven de laagste grondwaterstanden liggen om niet teveel verdroging te veroorzaken. Vanwege de afvoer van water in winter en voorjaar zakt de grondwaterstand in de zomer in gedraineerde situatie desondanks iets verder uit dan in ongedraineerde situatie, waarbij we aannemen dat de GLG-verandering circa 10% is van de GHG-verandering (expert-inschatting).

Verondiepen of dempen waterloop

Het verondiepen van een waterloop zorgt voor een uitstralingseffect naar de omliggende percelen. Voor natuur is dat gunstig (meer grondwater naar de wortelzone), voor landbouw kan dat natschade aan gewassen betekenen. Voor het effect op grondwater is het nodig in dit gebied onderscheid te maken tussen twee typen waterlopen: 1) waterloop loodrecht op de stromingsrichting van het grondwater (in principe dezelfde richting als de helling) en 2) waterloop parallel aan de stromingsrichting van het grondwater. In het eerste geval wordt het grondwaterstandseffect bepaald met de methode 'Darcy op de helling' (zie notitie Schaap en Van Bakel, 2017), in het tweede geval door middel van gebruik van de formules van Mazure zoals beschreven in Gaast en Stuyt (2000).

1) Darcy op de helling

Voor het beschrijven van de grondwaterstand h als functie van de afstand x (in een stationaire situatie) moeten we een differentiaalvergelijking opstellen die voldoet aan: a) de Wet van Darcy en b) het continuïteitsprincipe. Figuur 1 geeft aan hoe deze principes gecombineerd worden op een helling met een dun watervoerend pakket, zoals voorkomt in en om Landgoederen Oldenzaal. Figuur 2 toont een voorbeeld van het verloop van de grondwaterstroming op een dun watervoerend pakket op een helling. Het oplossen van de stroming volgens Darcy in combinatie met het continuïteitsprincipe en de randvoorwaarden gebeurt numeriek in een spreadsheetmodel, waarbij de grondwaterstandsverhoging ΔH per afstandsstap Δx beschreven is als volgt:

$$\Delta H = - \frac{(q_s + N(a - x)) \cdot \Delta x}{k \cdot (H - \tan(\alpha) \cdot x)}$$

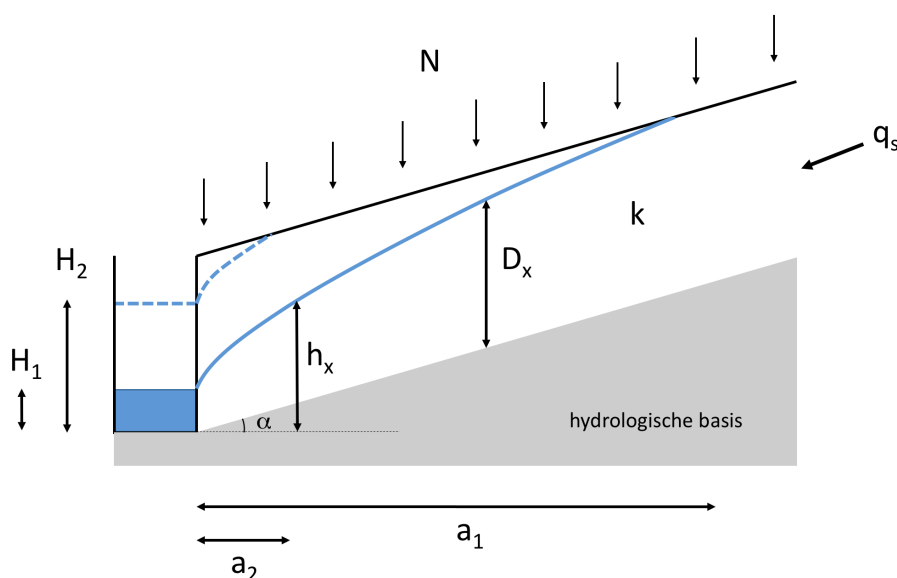
Parameters:

H	grondwaterstand (m)
x	afstand vanaf waterloop (m)

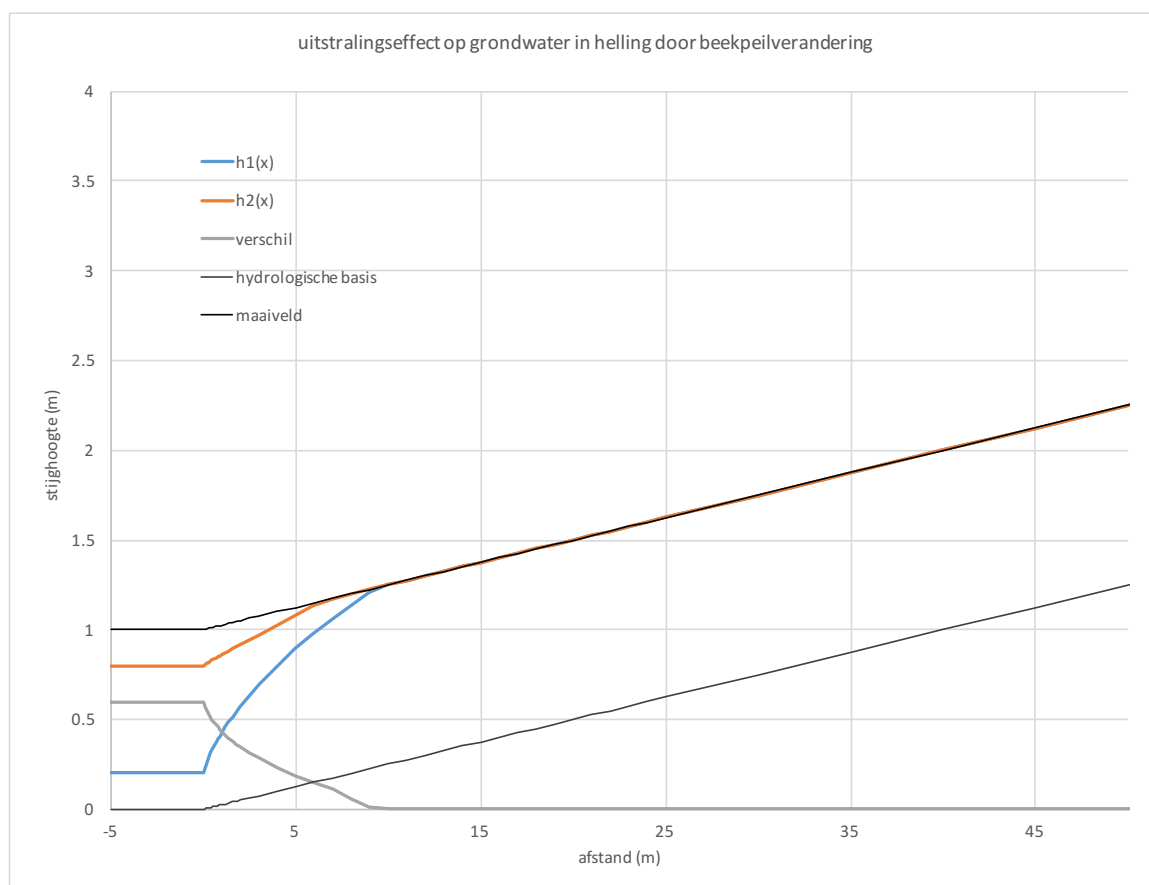
h_x	grondwaterstand in het watervoerende pakket (m)
k	doorlatendheid van de bodem (m/d)
N	neerslag (m/d)
q_s	waterstroming vanaf helling (m/d)
a_1	afstand tot volledig verzadigd pakket (m)
α	hellingshoek ($^\circ$)

Voor het numeriek oplossen van deze functie zijn een aantal randvoorwaarden en aannames nodig, deze staan beschreven in Schaap en Van Bakel (2017). Belangrijke invoerparameters zijn: huidig en toekomstig oppervlaktewaterpeil H_1 en H_2 , de hellingshoek van perceel α , maximale dikte van het watervoerend pakket D en de doorlatendheid van het dunne watervoerende pakket k . Deze laatste twee factoren komen uit de gedetailleerde bodemkaart en de boringen (zie Stroomgebiedsanalyses), waarbij de doorlatendheid k op basis van de aangetroffen textuursamenstelling en BOFEK2012 (Wösten et al., 2013) is bepaald. De waterstroming vanaf de helling q_s is berekend met de grondwateraanvulling afkomstig van de neerslag N over de afstand tussen a_1 en de waterscheiding (in veel gevallen een greppel of sloot).

Bij het grondwaterverloop tijdens GHG-moment gaan we uit van een stationaire wintersituatie waarbij de grondwateraanvulling 2,5 mm/dag is, dit komt ongeveer overeen met een GHG-situatie. Voor natschade is de zomersituatie tijdens GLG-moment minder belangrijk maar niet nihil. Het grondwaterverloop is niet afhankelijk van een neerslagoverschot maar van een neerslagtekort, waardoor de waterstroming vanaf de helling q_s verdwijnt en het grondwater niet meer tot aan maaiveld komt. Hierdoor is er sprake van een ‘reguliere’ grondwatersituatie met holle grondwaterspiegel, waarbij het neerslagtekort (negatieve N), oppervlaktewaterpeil H_0 en H_1 , dikte D en doorlatendheid k het grondwaterverloop bepalen. Tijdens stationaire zomersituatie overeenkomstig GLG-moment is een neerslagtekort van 2 mm/dag aangehouden. In een gebied als Landgoederen Oldenzaal vallen de beken (vrijwel) droog tijdens GLG-situatie. De aanname is dat het ‘oppervlaktewaterpeil’ H_0 en H_1 tijdens GLG-moment op de beekbodem ligt. In de zomer kan het peil in werkelijkheid dieper wegzakken. Aangezien daarmee de natschade afneemt, is de aanname met peil op beekbodem een zogenaamde ‘worst case-situatie’.



Figuur 1. De grondwaterstand in een dun hellend watervoerend pakket schematisch weergegeven. De grondwaterstand met stijgboogte h is afhankelijk van het oppervlaktewaterpeil H , doorlatendheid k en de dikte D van het pakket, de hellingshoek α , de neerslag N en de toestroming van een maximale hoeveelheid grondwater q_s vanaf de bovenliggende helling.



Figuur 2. Voorbeeld van de invloed van beekpeilverhoging op de grondwaterstand in een hellend perceel tijdens natte wintersituatie volgens methode 1 (Darcy op de helling). In de huidige situatie is het beekpeil 0,2 m en dat zorgt voor een opbolling tot een afstand van 10 m in het perceel. Bij ophoging van het beekpeil met 0,6 m (tot 0,8 m) is de verzadiging in het perceel bereikt bij een afstand van 6 m.

2) Formule van Mazure

Bij de bepaling van de grondwaterstandsverhoging met de waterloop parallel op de grondwaterstroming valt de grondwateraanvoer vanaf de helling weg (q_s), waardoor de invloedsafstand van een peilverhoging (of beekbodemverondieping) groter is. Daarbij spelen de spreidingslengte λ en weerstand van het afdekkende pakket c een cruciale rol. De spreidingslengte is een maat voor de invloedsafstand van peilverschillen en kan gebruikt worden om de invloed van peilveranderingen op de grondwaterstroming te bepalen (Mazure, 1936). Voor gebruik op perceelsniveau is het noodzakelijk de weerstand van het afdekkende pakket te combineren met de weerstand van de drainagemiddelen: de vervangende c -waarde c^* .

$$\Delta H = -(H_1 - H_0) \cdot e^{-x/\lambda^*}$$

waarin:

$$\lambda^* = \sqrt{kDc^*}$$

Parameters:

- H1 waterpeil na herinrichting (verondieping) (m)
- H0 oorspronkelijk waterpeil (m)
- λ spreidingslengte (m)
- D dikte watervoerend pakket (m)

c* vervangende c-waarde

De vervangende c-waarde is afkomstig van de vlakdekkende kaart voor totale drainageweerstand van ontwateringsmiddelen uit het rapport 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' (Gaast et al., 2006). Het doorlaatvermogen is per bodemtype bepaald met BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland (Wösten et al., 2013). De dikte van het watervoerend pakket volgt uit de grondboringen verricht in het kader van dit onderzoek (zie Stroomgebiedsanalyses).

Aanleg retentiegebied

In stroomgebied Rossumerbeek en Snoeyinksbeek zijn (delen van) percelen aangewezen voor het opvangen van piekafvoer, zogenaamde retentie- of inundatiegebieden. Deze gebieden zullen gemiddeld 1x per jaar overstromen, soms vaker. Aangezien deze delen uit landbouwkundig gebruik gaan hoeft hier geen effectsbepaling van plaats te vinden. Er is ook geen uitstralingseffect naar de omgeving, omdat de overstroming maar van korte duur is (± 1 dag) en dit geen effect heeft op de omliggende GHG en GLG in de percelen.

3. Resultaten

Het verondiepen of dempen van waterlopen en verwijderen of ontklaar maken van drainage zorgt voor vernatting op (omliggende) agrarische percelen. Dit hoofdstuk geeft de mate van vernatting weer als gevolg van de inrichtingsplannen 2017 en 2018.

Inrichtingsplan 2017

In het kader van de inrichtingsmaatregelen voor Landgoederen Oldenzaal krijgen de percelen in Tabel 1 te maken met vernattende effecten. De ligging van de waterloop ten op zichten van de vigerende grondwaterstroming (loodrecht of parallel) bepaalt welke rekenmethode gebruikt is. Als de drainage verwijderd wordt (of ontklaar gemaakt, dat is hydrologisch hetzelfde) dan ondervindt het gehele perceel natschade.

Tabel 1. Maatregelen uit het inrichtingsplan die van invloed zijn op agrarische percelen. De methode voor bepaling grondwaterverhoging bestaat uit: 1) Darcy op de helling, 2) Mazure en 3) perceelsbrede verwijderen van drainage. Het ID komt overeen met het ruimtelijk vlak in het meegeleverde shape-bestand. Bij de kadastrale percelen H6985 en H9284 reikt het effect van de maatregel niet tot in het perceel, vandaar dat deze geen ID hebben.

ID	Kadastraal	Maatregelen	Methode
18	D2824	verondiepen beek*	2
11	D4892	verondiepen greppel	2
12	G2196	verondiepen beek en greppel	1 + 2
19	G2196	verondiepen greppel	2
20	H6974	drainage verwijderen, verondiepen beek	3
13	H5810	verondiepen beek en greppel	1 + 2
5	H8654	drainage verwijderen	3
-	H6985	verondiepen beek	1
14	H5814	verondiepen beek	1
2	H5388	drainage verwijderen	3
3	H5389	drainage verwijderen	3
1	H6990	drainage verwijderen	3
4	H8756	drainage verwijderen, sloot verondiepen	3
-	H9284	verondiepen beek	1
16	H8881	verondiepen beek	1
15	H4754	verondiepen beek	1
6	H4306	drainage verwijderen	3
10	H3728	drainage verwijderen	3
9	H872	drainage verwijderen	3
7	H6550	drainage verwijderen	3

** de beek stroomt hier parallel aan de stromingsrichting van het grondwater, vandaar dat methode 2 is gehanteerd*

Voor de verondieping van de waterlopen is berekend hoe ver deze verhoging van het peil doorwerkt in het perceel. Daarvoor is een afstand bepaald waarop de grondwaterstand minimaal 0,05 m afwijkt van de huidige grondwaterstand. In het geval van winter- of zomersituatie is het uitstralingseffect bij Darcy op de helling (methode 1) anders, vandaar dat daar voor de GHG en GLG een aparte effectsafstand is bepaald. Tabel 2 geeft de resultaten van de effectafstanden van de percelen, inclusief het oppervlakte van het perceel dat hinder ondervindt van de maatregel. Het oppervlakte is bepaald door de effectsafstand in het perceel te vermenigvuldigen met de lengte van de waterloop die langs het perceel loopt. In het geval van verwijderen van drainage (methode 3) is het gehele (gedraineerde) oppervlakte van het perceel genomen. In totaal treedt er vernatting op over een oppervlakte van 33 ha.

Tabel 2. Per perceel is de verondieping bepaald (H0-H1) en daarmee de afstand vanaf de waterloop waarop in het perceel nog een merkbare GXG-verlaging van 0,05 cm-mv optreedt. Dat levert een oppervlakte per perceel op dat natter wordt dan in de huidige situatie. GHGafst1/GLGafst1 en GHGafst2 zijn de vernattingsafstanden voor respectievelijk methode 1 en 2. Bij de kadastrale percelen H6985 en H9284 reikt het effect van de maatregel niet tot in het perceel, vandaar dat deze geen oppervlakte (en ID) hebben.

ID	Kadastraal nummer	Methode	Bodem	H0 (m-mv)	H1 (m-mv)	GHGafst1 (m)	GLGafst1 (m)	GHGafst2 (m)	Opv. (ha)
18	D2824	2	pZg23	0.9	0.6			30	0.21
11	D4892	2	pZg23	0.8	0.3			30	0.29
12	G2196	1 / 2	pRn59	0.8 / 0.8	0.3 / 0.3	9	35	30	0.10
19	G2196	2	KT	0.8	0.3			30	1.36
17	H3463	3	zEZ23						0.19
10	H3728	3	zEZ23						1.15
6	H4306	3	KX						1.42
15	H4754	1	Hn21	0.95	0.3	12	95		4.56
2	H5388	3	KX						1.47
3	H5389	3	pRn59						1.80
13	H5810	1 / 2	KX	1.1 / 0.9	0.6 / 0.6	5	8	13	0.38
14	H5814	1	pZg23	0.8	0.6	5	16		0.19
7	H6550	3	Hn21						2.51
20	H6974	3	KX						5.80
-	H6985	1	KX	0.9	0.6	6	22		0.00
1	H6990	3	KX						1.59
8	H864	3	Hn21						2.39
5	H8654	3	KX						1.24
9	H872	3	zEZ23						1.41
4	H8756	3	pRn59						3.53
16	H8881	1	Hn21	0.95	0.3	12	95		1.54
-	H9284	1	KX	0.9	0.6	0	3		0.00

Inrichtingsplan 2018

De provincie heeft in 2018 gevraagd de vernattende effecten op de landbouwkundige percelen van de volgende gebieden of eigenaren te bepalen:

- De Reuver (dempen waterlopen)
- Weerselose beek ten westen van N342 (onklaar maken drainage)
- Brunger (invloed verondiepen Snoeyinksbeek)
- Kortman (verzameldrain die onder beekbodem komt te liggen)
- Kraesgenberg (verwijderen van vier drainagestrengen)

Omdat Brunger in het deel van de Middenloop zit dat al berekend is met het grondwatermodel (Van Immerzeel, 2017), is de vernatting vanuit het grondwatermodel al bekend en wordt deze hier verder niet behandeld.

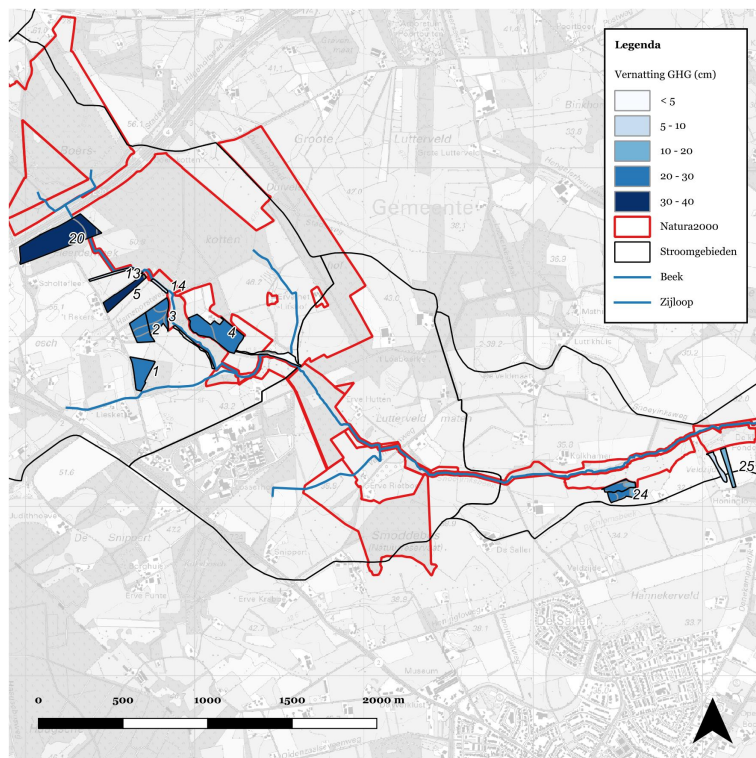
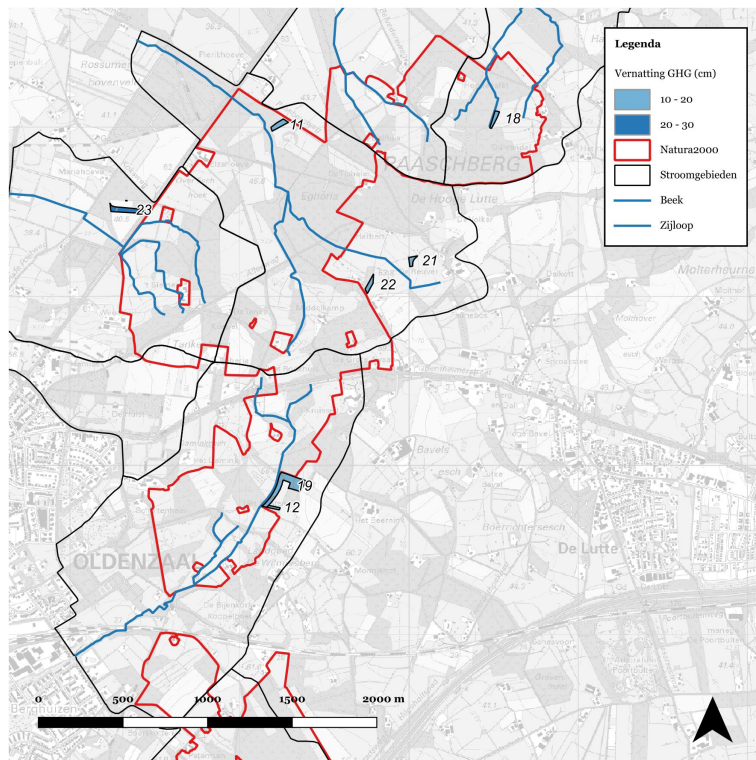
In bijlage 1 zijn de uitgangspunten voor de bepaling van de vernattende effecten aangegeven, tabel 3 geeft een samenvatting van de resultaten van deze analyse weer. De oppervlakte waarover vernatting optreedt van deze maatregelen is 4 ha.

Tabel 3. Vernatting zoals weergegeven als tabel 2, met de maatregelen uit het inrichtingsplan 2018.

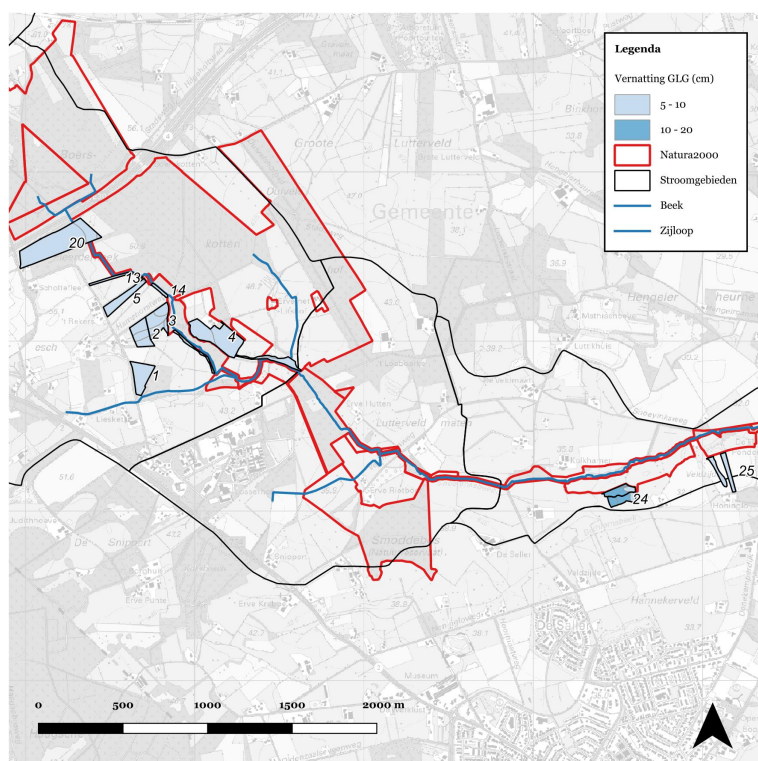
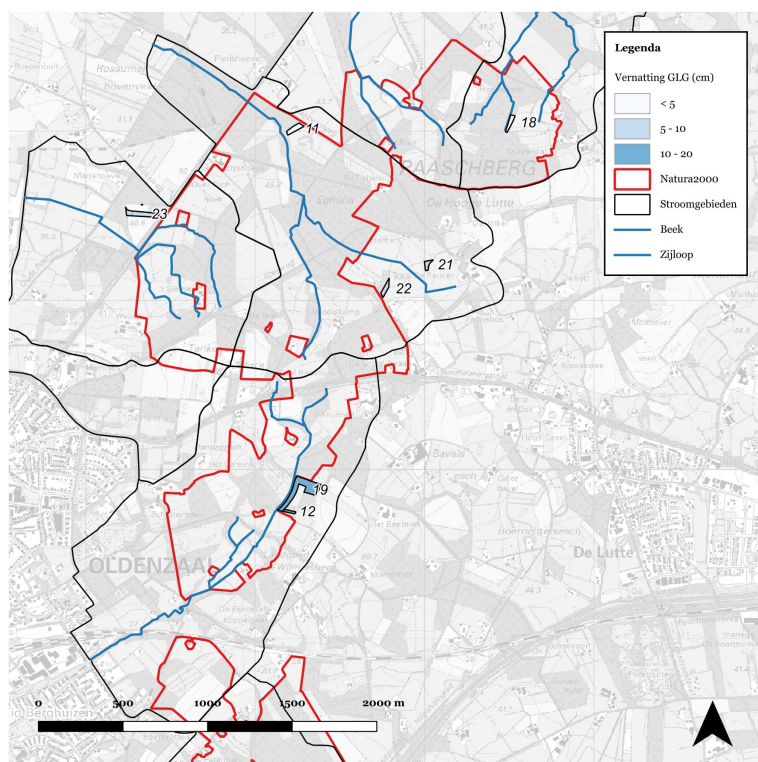
ID	Kadastraal nummer	Methode	Bodem	H0 (m-mv)	H1 (m-mv)	GHGafst1 (m)	GLGafst1 (m)	GHGafst2 (m)	Opv. (ha)
22	D4702	2	KT	0.6	0.0			25	0.21
21	D1581	2	pZg21	0.8	0.0			60	0.15
23	E3225	3	Hn21						0.52
24	H3632	3	Hn21						0.84
27	H8838	3	Hn21						0.82
26	H8089	3	zEZ23						0.45
25	H8089	3	pZn21						0.58

Grondwaterverhoging

Niet alleen het oppervlakte waarbinnen verhoogde grondwaterstanden optreden is van belang, ook de mate van grondwaterverhoging is noodzakelijk voor de uiteindelijke bepaling van de toekomstige gebruiksmogelijkheden. De verandering van GHG en GLG is de belangrijkste input voor de bepaling van toekomstige grondgebruiksmogelijkheden (of natschade). De verhoging van GHG en GLG is bij het verwijderen van drainage gebaseerd op een expert-inschatting met behulp van veldkenmerken, de ondergrond, het functioneren van de huidige drainagemiddelen, en vergelijken van het gedraineerde perceel met vergelijkbare percelen zonder drainage. De analytische bepaling volgens Darcy op de helling en Mazure levert een grondwaterverhoging op die afneemt naarmate de afstand tot de verondiepte waterloop toeneemt (zie bijvoorbeeld figuur 1). De mate van grondwaterverhoging is bepaald door de gemiddelde GHG en GLG over de effectsafstand te berekenen. Figuren 6 en 7 geven de resultaten van de GHG- en GLG-vernatting weer, op de agrarische percelen die in dit onderzoek (analytisch) zijn bepaald. De resultaten van de grondwaterverhoging volgens het grondwatermodel in de Snoeyinksebeek middenloop en benedenloop staan hier niet weergegeven, maar staan in de rapportage van Van Immerzeel (2017). Uitzondering daarop zijn twee locaties 24 en 25 waar drainage verwijderd wordt, dit zat destijds nog niet in het grondwatermodel. Op deze locaties vervangt de grondwaterverhoging uit deze studie de resultaten van het grondwatermodel.



Figuren 6a en b. GHG-vernattingskaart op agrarische percelen als gevolg van de hydrologische herstelmaatregelen uit het inrichtingsplan 2017 en 2018. De vernattingskaart is alleen weergegeven van (delen van) percelen die niet met het grondwatermodel (Van Immerzeel, 2017) zijn bepaald. Maatregelen op locaties 24 en 25 kwamen niet voor in het grondwatermodel. De nummers corresponderen met de ID's uit tabellen 2 en 3.



Figuren 7a en b. GLG-vernatie op agrarische percelen als gevolg van de hydrologische herstelmaatregelen uit het inrichtingsplan 2017 en 2018. De vernatie is alleen weergegeven van (delen van) percelen die niet met het grondwatermodel (Van Immerzeel, 2017) zijn bepaald. Maatregelen op locaties 24 en 25 kwamen niet voor in het grondwatermodel. De nummers corresponderen met de ID's uit tabellen 2 en 3.

4. Discussie en aanbevelingen

Bij de analytische benadering voor het bepalen van grondwatereffecten zijn noodzakelijke aannames gemaakt. Het is niet eenvoudig om in een hydrologisch en geologisch complex gebied als de stuwwal van Enschede/Oldenzaal natschade-effecten te kwantificeren. Het feit dat hier geen geschikte grondwatermodellen voor zijn, geeft dit al aan. In deze notitie introduceren wij een nieuwe methode (Darcy op de helling, Schaap en Van Bakel, 2017) die naar onze mening het meest recht doet aan uitstralingseffecten in hellende aquifers. Daarnaast gebruiken we Mazure en een inschatting van de GHG bij het onklaar maken van buisdrainage. Uiteraard zijn deze methoden niet zaligmakend, net zoals andere (kwantitatieve) methoden. Hieronder wordt nog ingegaan op een alternatieve methode voor Mazure. Belangrijk bij het gebruik van deze methoden is kennis van de ondergrond en topografie. Deze is geborgd met de gedetailleerde bodemkaart (Kleij et al, 1995), de aanvullende bodemboringen tijdens het MAP-onderzoek (Stroomgebiedsanalyses), terreinkenmerken zoals waterlopen en afstand tot waterscheiding, voorkomen van drains en de helling uit AHN2. Desalniettemin blijven de gehanteerde methoden een versimpeling van de werkelijkheid, zoals elk (hydrologisch) model dat heeft. In de praktijk kunnen niet-voorziene effecten optreden die voor meer (of minder) natschade zorgt. Daarom is het belangrijk om de effecten van hydrologische maatregelen middels grondwatermonitoring te blijven volgen.

Mazure of Perrochet/Musy

De formule van Mazure is hier toegepast op perceelsniveau, met als basis de spreidingslengtekaart van Alterra. Omdat Mazure veronderstelt dat individuele sloten gezien worden als een diffuus verdeeld drainagesysteem, is er discussie of Mazure op dit perceelsniveau gebruikt mag worden. Voor de bepaling van de effecten van sloten parallel aan de grondwaterstroming is de formule van Perrochet en Musy (1992) een alternatief. Deze gaat uit van een situatie waarbij de grondwaterstand op afstand L van de waterloop tot aan maaiveld komt, waarbij het neerslagoverschot afstroomt over maaiveld. Daardoor is er geen verhang meer in de grondwaterspiegel en ontstaat er een waterscheiding. Er is een variant van deze formule die de radiale weerstand van de sloot meeneemt. Om deze alternatieve benadering te toetsen, is voor een drietal situaties het verschil in vernattingsafstand bepaald. Deze drie situaties geven een goede spreiding van voorkomende parameters (K , D en c^*) in Landgoederen Oldenzaal en geven daarmee een goed beeld van de verschillen. Tabel 4 geeft de resultaten van de methode-vergelijking. Omdat de waterlopen die parallel aan de grondwaterstroming lopen in de zomer droogvallen, is de invloed van de vernattingsafstand in de zomer (GLG) niet getoetst.

Tabel 4. Verschillen in vernattingsafstand bij GHG tussen de methode van Mazure (1932) en Perrochet en Musy (1992).

invoerparameters				
ID		18	19	13
kadastraal nummer		D2824	G2196	H5810
doorlaatfactor	K	0.8	0.4	0.2
laagdikte	D	1	1	1
vervangende c-waarde (weerstand)	c^*	350	350	150
spreidingslengte	λ^*	17	12	5
huidig peil	H0	1	1	1
toekomstig peil	H1	0.7	0.5	0.5
dikte watervoerend pakket onder slootbodem (voor radiale weerstand)	d	0.1	0.2	0.1
afstand (m) vanaf waterloop waarbinnen vernatting optreedt (GHG)				
Mazure	GHGafst2_0.05	30	30	13
Perrochet en Musy zonder radiale weerstand	GHGafst4_0.05	12	9	6
Perrochet en Musy met radiale weerstand	GHGafst5_0.05	12	8	6

Uit de verschillen in vernattingsafstand blijkt dat de uitkomsten dezelfde orde van grootte hebben, al schat Mazure de vernattingsafstand circa 2-3x groter in. Omdat er nauwelijks watervoerend pakketten onder de slootbodems in Landgoederen Oldenzaal zitten, is het verschil tussen Perrochet en Musy met en zonder radiale weerstand nihil. Bij het hanteren van een ‘worst-case scenario’ voor de mate van vernatting, is het aan te bevelen de vernattingsafstand van Mazure te gebruiken.

Toekomstige grondgebruiksmogelijkheden

Met deze berekeningen is bekend waar vernattende effecten optreden en hoeveel de grondwaterverhoging is binnen de vernattende delen van agrarische percelen. Voor stroomgebied Snoeyinkbeek middenloop en benedenloop heeft Atensus de grondwaterveranderingen met een grondwatermodel berekend (Van Immerzeel, 2017). Uiteindelijk moeten alle grondwaterveranderingen gebruikt worden voor de bepaling van de huidige en toekomstige grondgebruiksmogelijkheden, zodat de werkelijke schade bepaald kan worden. Hierbij kan verhoging van de grondwaterstand (vernatting) niet alleen natschade betekenen, maar ook een vermindering van de droogteschade. Het bepalen van het grondgebruik moet volgens de methode ter bepaling van bodemgeschiktheid gaan, zoals beschreven in de Notitie gebruiksmogelijkheden landbouwgronden Landgoederen Oldenzaal (Schaap, 2016). De grondgebruiksmogelijkheden als gevolg van de maatregelen uit het inrichtingsplan van 2017 zijn al eerder beschreven (Schaap, 2017b), die van het inrichtingsplan 2018 moeten met de aanvullende resultaten uit deze studie uitgebreid worden.

5. Conclusie

In en rond Natura2000-gebied Landgoederen Oldenzaal treedt vernatting op als gevolg van het inrichtingsplan (Provincie, 2017 en 2018), waarbij het onklaar maken van drainage en het verondiepen/dempen van waterlopen uitstralingseffecten heeft naar agrarische percelen. Er is geen uitstralingseffect van waterretentiegebieden naar de omgeving, omdat de overstromingen van korte duur zijn (± 1 dag per jaar) en dit geen effect heeft op de GHG en GLG in de omliggende agrarische percelen. Bij het onklaar maken van drainage treedt een vernatting over het gehele perceel op, die hoofdzakelijk voor een GHG-verandering zorgt. Het verondiepen of dempen van waterlopen is analytisch te benaderen met de methodes van Mazure (1932), Perrochet en Musy (1992) en Darcy op de helling (Schaap en Van Bakel, 2017). Met deze methoden is berekend dat in dit gebied relatief smalle vernattingsstroken op gaan treden als gevolg van de verondiepingsmaatregelen. Het beperkte effect komt door de dunne watervoerende pakketten, de helling in het gebied en de beperkte doorlatendheid van de ondergrond. In totaal krijgt 37 ha van het agrarische gebied te maken met een hogere grondwaterstand, waarvan de toekomstige grondgebruiksmogelijkheden mogelijk veranderen. Voor dit onderzoek is de meest gedetailleerde informatie over de ondergrond en het terrein gebruikt. De gehanteerde methoden vragen echter om een (noodzakelijke) versimpeling van de werkelijkheid, zoals elk (hydrologisch) model een concept van de werkelijkheid is. In de praktijk kunnen niet-voorzien effecten optreden die voor meer (of minder) natschade zorgt, zeker in een geologisch en hydrologisch complex gebied als de Stuwval van Enschede/Oldenzaal. Daarom is het belangrijk bij het uitkeren van natschade rekening te houden met onzekerheden in de benaderingsmethoden en de effecten van hydrologische maatregelen nu en na de uitvoering van het inrichtingsplan te monitoren.

Referenties

- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19D; 154 blz.; 4 fig.; 69 tab.
- Van der Gaast, J.W.J. en L.C.P.M. Stuyt, 2000. Drainagevergunningen. Methodiek voor de beoordeling van aanvragen voor de aanleg van buisdrainage. Wageningen, Alterra-rapport 012.
- Van der Gaast, J.W.J., H.Th.L. Massop, H.R.J. Vroon en I.G. Staritsky, 2006. Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken. Wageningen, Alterra-rapport 1339.
- Kleijer, H., 1995. De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Losser-Noord; resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 400.
- Mazure, J.P., 1936. Kwel en chloor bezwaar in de Wieringermeer. Gepubliceerd als bijlage 10 in: Geohydrologische gesteldheid van de Wieringermeer. Rapport, samengesteld door den dienst der Zuiderzeewerken in samenwerking met het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening. Rapporten en Mededelingen betreffende de Zuiderzeewerken no 5. Algemeene Landsdrukkerij 's Gravenhage.
- Provincie Overijssel, 2017. Concept inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal. Provincie Overijssel, Zwolle. Versie 30 september 2017.
- Provincie Overijssel, 2018. Concept inrichtingsplan Landgoederen Oldenzaal. Provincie Overijssel, Zwolle. Versie 15 juli 2018.
- Perrochet, P. en A. Musy, 1992. A simple formula to calculate the width of hydrological buffer zones between drained agricultural plots and nature reserve areas. Irrigation and Drainage Systems 6: 69-81.
- Schaap, J.D. en J. van Bakel, 2017. Darcy op de helling, een methode voor het grondwatereffect van beekpeilverhoging in beekdalen. Wageningen, in concept.
- Schaap, J.D., 2017a. Natschade hydrologische herstelmaatregelen PAS bij Landgoederen Oldenzaal. Badus Bodem & Water, Wageningen. Versie 22 september 2017.
- Schaap, J.D., 2017b. Grondgebruiksmogelijkheden Natura2000 Landgoederen Oldenzaal en Dinkelland, effecten van hydrologische maatregelen op omliggende percelen. Badus Bodem & Water, Wageningen. Versie 13 november 2017.
- Schaap, J.D., 2018. Grondgebruiksmogelijkheden Natura2000 Landgoederen Oldenzaal en Dinkelland, effecten van hydrologische maatregelen op omliggende percelen. Badus Bodem & Water, Wageningen. In voorbereiding, versie september 2018.
- Van Immerzeel, C.H., 2017. Grondwatereffecten bij verondieping Snoeijinksbeek, versie 6 november 2017. Atensus BV, Meppel.

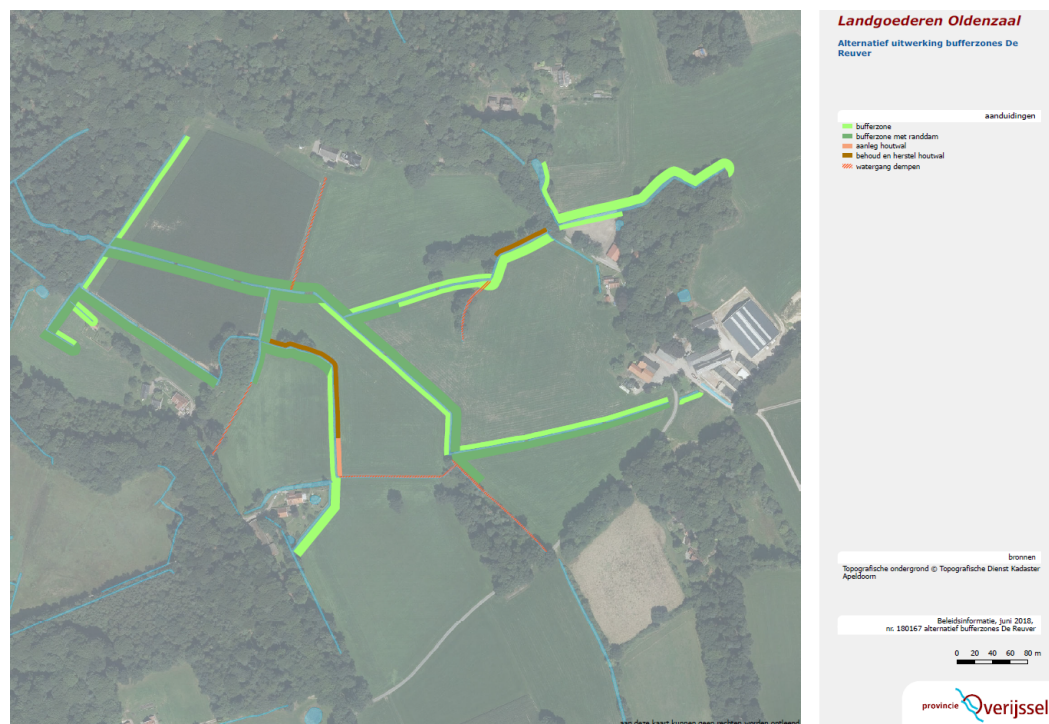
Wösten, De Vries, Hoogland, Massop, Veldhuizen, Vroon, Wesseling, Heijkers en Bolman, 2013. BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Wageningen, Alterra-rapport 2387.

Bijlage 1 Aanvullende effecten inrichtingsplan 2018

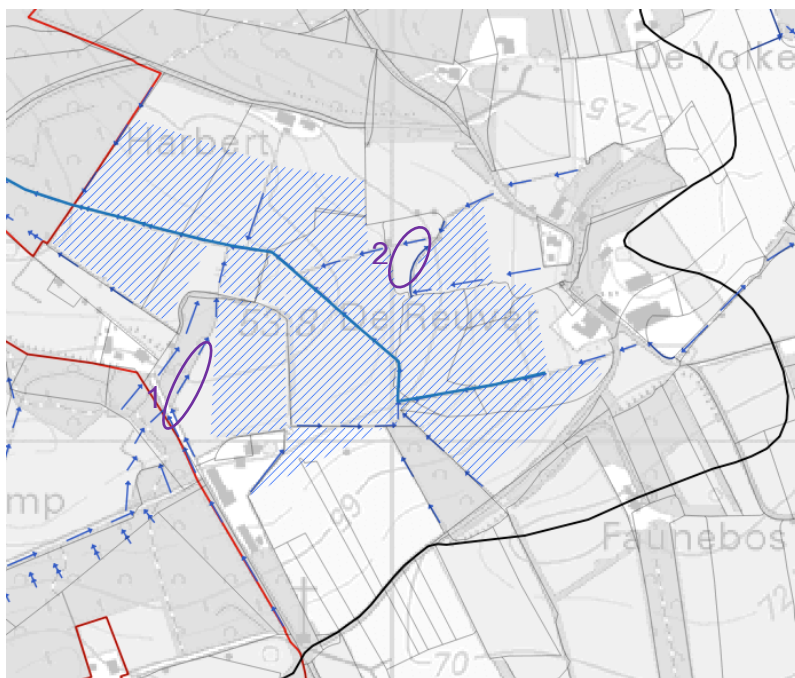
De Reuver

In landbouwgebied De Reuver in het stroomgebied van de Rossumerbeek hebben grondeigenaren aangegeven sloten of greppels te willen dempen zodat er geen onbemeste bufferzones nodig zijn op de eutrofiëring uit oppervlakkige afspoeling tegen te gaan. In figuur B1 staan deze te dempen sloten of greppels weergegeven. Van dit gebied is bekend waar buisdrainage voorkomt (figuur B2), zoals aangegeven door de grondeigenaren in het gebied. Er treedt alleen vernatting op als gevolg van het dempen van waterlopen als er geen buisdrainage ligt. De buisdrainage op de gedraineerde percelen loopt uit op sloten die niet gedempt worden, waardoor de ontwatering van deze percelen behouden blijft. Op twee locaties heeft een gedempte waterloop invloed op een aangrenzend ongedraineerd deel van een perceel (zie figuur B2). In tabel 3 staan de resultaten van effectsafstanden van deze locaties. Locatie 2 is ingeschat op basis van methode 2, methode 1 is hier niet geldig omdat het dempen van de waterloop *boven* het beïnvloede deel van het perceel gebeurt. Omdat de vernattingsafstand groter is dan de breedte van het ongedraineerde deel van het perceel, zal alleen het ongedraineerde deel vernatten.

Figuur B1. Maatregelen in landbouwgebied De Reuver (Provincie Overijssel, 2018).



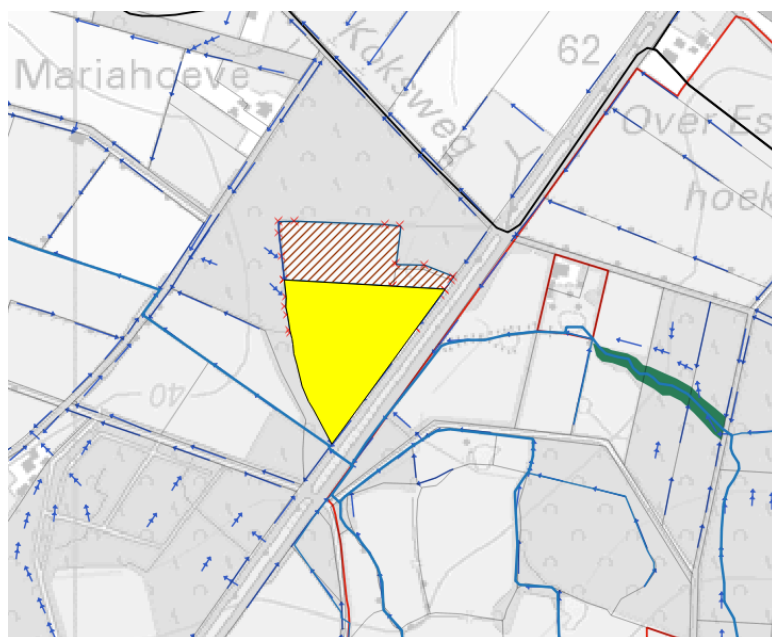
Figuur B2. Percelen met buisdrainage in landbouwgebied De Reuver (blauw gearceerd). Rode en zwarte begrenzing geeft respectievelijk de Natura2000- en stroomgebiedsbegrenzing weer. De paarse cirkels geven ongedraineerde delen van percelen aan die beïnvloed worden door het dempen van een waterloop.



Weerslose beek ten westen van N342

Door het verwijderen van de drainage op een perceel ten westen van de N342 (kadastraal perceel E3227, maatregel M6(3) uit het inrichtingsplan), kunnen de drains op het rood gearceerde deel volgens de grondeigenaar niet meer afwateren (zie figuur B3). Uit de bodemkaart (Kleijer, 1995) blijkt dat dit gearceerde perceel op een zandgrond met grondwatertrap VId en Vbd ligt, net zoals het omliggende bos. Het is niet duidelijk of ten tijden van dit bodemonderzoek de buisdrainage al aanwezig was en het perceel is tijdens het MAP-onderzoek van 2016-2017 niet bezocht, maar het feit dat het bos eenzelfde Gt aangeeft als het agrarische deel doet vermoeden dat de drainage na 1995 is aangelegd. Op basis van expert judgment is de inschatting dat de GHG van 60 cm-mv (met drainage) naar de GHG van het omliggende bos gaat zoals in de bodemkaart van 1995 staat (Gt Vbd heeft GHG van 25-40 en Gt VId van 40-80 cm-mv). Alleen op het lagere deel met Gt Vbd treedt daardoor een (mogelijk) vernattend effect op. Vanwege het diep wegzakken van het grondwater in de zomer (GLG > 120) verandert de GLG hier waarschijnlijk niet of nauwelijks.

Figuur B3. Maatregel M6 (3) uit het inrichtingsplan voorziet in het verwijderen van buisdrainage op kadastraal perceel E3227 (geel). Daardoor kan de drainage in het rood-gearceerde deel niet meer afwateren.



Kortman

Als gevolg van de verondieping van de Snoeyinksbeek komt de verzameldrain onder de beekbodem te liggen en kan daarmee niet meer afwateren. Hydrologisch gezien is dit hetzelfde als de drainage onklaar maken (methode 3). Omdat deze maatregel niet in een scenario van het grondwatermodel zat (Van Immerzeel, 2017), wordt deze hier wel bepaald. Daarbij wordt op basis van expert judgment ingeschat wat de toekomstige GHG en GLG op dit perceel is, als gevolg van de verondieping van de Snoeyinksbeek (berekend met grondwatermodel) én het opheffen van de drainage. In dit geval is de verwachting dat op dit perceel de GHG van 60 cm-mv naar een GHG van 25-40 gaat, overeenkomstig de bodemkaart (Kleijer, 1995) gaat. Omdat de GLG meer bepaald wordt door de ontwateringsbasis van de Snoeyinksbeek en in veel mindere mate door de drainage, neemt de GLG hier in de toekomst toe zoals berekend is met de verondieping van de beek in het grondwatermodel.

Kraesgenberg

Figuur B4 geeft de twee locaties weer waar vier drainagestrengen niet meer kunnen functioneren als gevolg van het dempen van een waterloop (Provincie Overijssel, 2018). Deze locaties liggen in de lage delen van een es die deels afgegraven lijkt te zijn, waar de gedetailleerde bodemkaart een andere bodem (oostelijke laagte) en grondwatertrap weergeeft ten op zichten van de omliggende enkeerdgrond (Kleijer, 1995). Het is niet duidelijk of ten tijden van het bodemonderzoek de buisdrainage al aanwezig was. De GHG wordt het meest beïnvloedt door buisdrainage, zodat de inschatting op basis van expert judgment is dat door de maatregelen de grondwatertrap hier naar een Vbo (westelijk deel) en Vao (oostelijk deel) zal gaan. De omliggende enkeerdgrond ligt hoger en heeft een droge Gt VIId, die als gevolg van het verwijderen van de vier strengen iets natter zal worden. Naar verwachting zal deze droge enkeerdgrond minder droogteschade ondervinden en geen verhoogde natschade. Overigens is het de moeite waar hier te onderzoeken met wel grond deze stroken opgehoogd kunnen worden, dat zou een geschikte compenserende maatregel zijn.

Figuur B4. De cirkels geven aan waar vier drainagestrengen voorkomen die als gevolg van de maatregelen uit het inrichtingsplan niet meer kunnen functioneren. De ondergrond is de maaiveldhoogtekaart (AHN2) waarbij elk kleurverschil een hoogteverschil van 0,5 m aangeeft. Rode en zwarte begrenzing geeft respectievelijk de Natura2000- en stroomgebiedsbegrenzing weer.



