

Ecohydrologisch onderzoek Natura2000

Leemkuilen



Eelerwoude werkt

met passie aan een mooi

en groen Nederland

Opdrachtgever:

Provincie Noord-Brabant
Brabantlaan 1
5200 MC 's-Hertogenbosch

Opdrachtnemer:

Eelerwoude
[Onze vestigingen](#)
088-1471100
info@eelerwoude.nl
www.eelerwoude.nl

Projectgegevens:

Projectnummer: 201013
Datum: 06-05-2025
Projectleider: Karel Hanhart
Opgesteld: Karel Hanhart, Emiel Brouwer,
Yvon Verstijnen en Laura Spa
Gecontroleerd: Laura Spa
Status: Definitief
Versie: 4

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Achtergrond	6
1.2	Doelstelling van het onderzoek	6
1.3	Onderzoeksvragen	7
1.4	Werkwijze	8
1.5	Leeswijzer	9
2	Ontstaanswijze en korte karakterisering van de verschillende wateren	10
2.1	Oude leemkuilen: K4 en K5 en K7 t/m K13	10
2.2	Nieuwe leemkuilen: K1, K2, K3, K5, K10 en K11	12
2.3	Zandwinplas Brabantse hoek	17
2.4	Zandwinplas Heidekreiten	19
2.5	Boomkikkerpoelen Heidekreiten	25
2.6	Boomkikkerpoelen noordwestzijde	29
3	Methode	31
3.1	Waterkwantiteit	31
3.2	Water- en bodemkwaliteit	32
3.3	Analysemethoden	35
4	Bodem	37
4.1	Hoogteligging en geomorfologie	37
4.2	Bodemopbouw en geohydrologische schematisatie	38
4.3	Bodemvorming	40
4.4	Bodemchemie	41
5	Waterkwantiteit	47
5.1	Grondwatersystemen	47
5.2	Grondwaterstanden	49
5.3	Oppervlaktewaterpeilen	54
5.4	Peilmetingen tijdens veldonderzoek in periode maart 2021 t/m maart 2022	57
5.5	Waterhuishouding	63
6	Waterkwaliteit en waterbodem	65
6.1	Grondwaterkwaliteit	65
6.2	Kwaliteit waterbodem	68
6.3	Oppervlaktewater en bodemvocht	70
7	Natuurwaarde	82
7.1	Watervegetaties	82

7.2	Paddenstoelen	87
8	Synthese en kansen	91
8.1	Werking van het watersysteem	91
8.2	Kansen voor vegetaties van zwak gebufferde wateren	96
8.3	Potentie noordoostelijke graslanden	99
8.4	Kansen voor terugkeer drijvende waterweegbree	99
9	Inrichting- en beheer	101
9.1	Algemeen	101
9.2	Oude en nieuwe Leemkuilen	102
9.3	Heidekreitenplas en poelen in oeverzone	105
9.4	Brabantse hoek	107
9.5	Poelen en graslanden noordwest	108
10	Aanbevelingen	109
	Bronnen	110

Lijst met bijlagen

Bijlage 1: Namen en nummering van kuilen, grote plassen, poelen Heidekreiten, poelen noordwest en A-watergangen	111
Bijlage 2: Meetpunten grond- en oppervlaktewaterpeilen	113
Bijlage 3: Technische gegevens peilbuizen en peilschalen	115
Bijlage 4: Meetpunten bodem-, slib-, grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit (B-WARE)	117
Bijlage 5: Geo-hydrologische schematisatie Leemputten en omgeving (bron: Dinoloket Regis II v2.2)	119
Bijlage 6: Waterstanden 4 meetronden, de fluctuaties tussen deze meetronden en de waterdiepten	123
Bijlage 7: Oppervlaktewater meetpunten en naamcodes (ZL= stroomgebied Zandleij)	125
Bijlage 8: Historische kaart ca. 1830	127
Bijlage 9: Historische kaart ca. 1850	129
Bijlage 10: Historische kaart ca. 1900	131
Bijlage 11: Historische kaart ca. 1950	133
Bijlage 12: Historische kaart ca. 1960	135
Bijlage 13: Historische kaart ca. 1980	137
Bijlage 14: Historische kaart ca. 1997	139
Bijlage 15: Historische kaart ca. 2005	141
Bijlage 16: Historische kaart ca. 2016	143
Bijlage 17: Huidige waterhuishouding (bron: Waterschap de Dommel)	145
Bijlage 18: Maatregelen en beheer	147
Bijlage 19: Watersamenstelling	149
Bijlage 20: Boorstaten	155

enkele taalcorrecties:

Pagina 97 één na laatste alinea: drempelhoogte van najaar 2021 ontbreekt in de zin.

Figuur 45: in onderschrift staat “grondwalmen” ipv grondwallen.

Bijlage 5, figuur 46: in onderschrift staat Moerputten ipv Leemputten

1 Inleiding

De Leemkuilen (ook vaak Leemputten genoemd) vallen binnen het Natura2000-gebied de Loonse en Drunense duinen & Leemkuilen en is tevens een Natte Natuurparel (NNP). De ligging van het projectgebied de Leemkuilen is weergegeven in figuur 1. In de figuur zijn ook de vindplaatsen van de Drijvende Waterweegbree (*Luronium natans*, H) aangegeven en de gebiedsdelen die zijn aangewezen als habitattype zwakgebufferd ven (H3130). Het gebied de Leemkuilen is ongeveer 115 ha groot en in beheer bij Brabants Landschap. Het is onderdeel van het Natura2000-gebied “Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen” (131). De zwakgebufferde vennen vormen potentiële leefgebieden van de Habitatrichtlijnsoort kamsalamander (H1166) waarvan in de Natuurdoelanalyse 2023 is vermeld: de kwaliteit van het oostelijke deel is slecht, de kwaliteit in het westelijke deel is goed. Het soortbeschermingsplan voor de drijvende waterweegbree in Noord-Brabant (Lucassen et al., 2007) beschrijft een sterke achteruitgang van de soort in de Leemkuilen, door eutrofiëring door boomopslag en bladinvall (watercrassula vormt volgens het beheerplan mogelijk ook een bedreiging). De drijvende waterweegbree is in de monitoringsronde van 2019-2021 niet meer aangetroffen in Leemkuilen (NDA2023: bron: Kranenbarg et al., 2021). Daarnaast vormt de Leemkuilen een belangrijk leefgebied voor de boomkikker (*Hyla arborea*).



Figuur 1: Ligging van het projectgebied en aangewezen habitattypen en soorten. Links het industriegebied van Udenhout.

Voor de instandhouding van het habitattype zwakgebufferde vennen en het leefgebied van Drijvende waterweegbree in de Leemkuilen zijn in het beheerplan onderzoeksvragen opgenomen (zie paragraaf 1.3 Onderzoeksvragen).

1.1 Achtergrond

Met het habitatype zwakgebufferde vennen wordt de vegetatie van oevers en water van vennen bedoeld met zwakgebufferd water met een pH tussen de 5 en 7,5 (buffercapaciteit van 100 tot 500 en soms zelfs 1000 $\mu\text{Eq/L}$). Bovendien zijn deze vennen voedselarm met bijvoorbeeld een fosfaatconcentratie onder de 0,5 μmol (0,015 mg)/L en een mineraal stikstofconcentratie <10 μmol (0,15 mg)/L (Arts et al., 2001). Het voorkomen van dit habitatype in de Leemkuilen (rond 2015) is weergegeven op de habitatype kaart in figuur 1. Tijdens recent onderzoek naar exoten in de plas bleek dat het oppervlakte habitatype H3130 waarschijnlijk kleiner is dan op deze kaart. Ook de aanwezigheid van drijvende waterweegbree is recent niet meer aangetoond (Verhees, et al., 2017 en Kranenbarg et al., 2021).

Volgens de ecologische systeembeschrijving van landinrichtingsgebied de Leijen (Sande, 1988) bestaat de ondergrond van de Leemkuilen uit Vlakvaaggronden, die zowel kalkarm als kalkrijk kunnen zijn, met kwel en stagnatie van zacht water: een combinatie van regenwater en (weinig gerijpt) grondwater. In het Landschapsplan De Leijen uit 1987 wordt het gebied als lokaal kwelgebied aangegeven (Buren, et al., 1987) met kwel vanuit het middeldiepe watervoerende pakket (Sande, 1988), maar dit is op basis van verouderde kennis. In peilbuizen werd begin jaren negentig voornamelijk continue onderdruk (of neerwaartse flux) gemeten (LB&P ecologisch advies en Heidemij advies, 1994). Aanvoer van freatisch grondwater vindt waarschijnlijk slechts in geringe mate plaats vanuit het zuidwesten (Sande, 1988).

Op basis van recentere metingen (database dinoloket.nl) is er een aanvulling op bovenstaande. Uit metingen blijkt dat er in het najaar en winter sprake is van grondwatervoeding uit het eerste watervoerende pakket, deze voeding vindt plaats vanuit de Formatie van Sterksel. Deze voeding treedt alleen op in de diepe oostelijke plas (Brabantse hoek) en eveneens diepe westelijke plas (Heidekreiten) welke vanwege zijn diepte, 12 à 15 meter, het watervoerende Sterkselpakket aansnijden. De voeding van de overige vennen en plassen vindt plaats uit een combinatie van het freatisch grondwater en regenwater. Naast waterverlies door verdamping en wegzijging zijn er ook waterkunstwerken aanwezig welke periodiek water aflat en enkele ontwaterende waterlopen.

In de diepe plas Brabantse hoek is in juni-juli 2014 een pH van 8,4-6,8 gemeten (Seelen, 2014), wat een aanwijzing kan zijn voor grondwaterinvloed. Een hoge pH zegt hier echter vooral dat alle kooldioxide uit de waterlaag is verbruikt door algen en/of waterplanten, maar kan ook wijzen op invloed van grondwater. Waterkwaliteitsmetingen van rond de 3 meter onder maaiveld bij de ondiepe plassen laten veel minder gebufferd (HCO_3 van 70 mg/L = ca. 1150 $\mu\text{mol/L}$) water met een pH van 6,1 zien (Inberg, et al., 2009). Vanwege de hydrologische complexiteit van het gebied dienen abiotische condities op niveau van de standplaats van de zwakgebufferde venvegetatie bepaald te worden, om hier eventuele hydrologische maatregelen of beheermaatregelen op af te stemmen.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

De Provincie heeft daarom aan Eelerwoude en B-ware gevraagd om inzicht te geven in het huidige functioneren van de vennen en plassen in de Leemkuilen. Dit met als doel praktische beheer- en/of inrichtingsmaatregelen te ontwikkelen, waardoor gestuurd kan worden op een duurzame instandhouding van zwakgebufferde vennen en plassen. Dit inzicht dient te worden verkregen door het uitvoeren van veldwerkonderzoek in combinatie met literatuurstudie en het monitoren van de waterpeilen en waterkwaliteit in de periode van de zomer van 2020 tot en met het voorjaar van 2022.

1.3 Onderzoeksvragen

De Provincie Noord-Brabant wil graag een antwoord op de volgende onderzoeksvragen:

1. (Hoe) zijn de vegetaties behorende tot de zwakgebufferde vennen (H3130) duurzaam in stand te houden? Welke maatregelen dragen daaraan bij?
2. Welke locaties zijn fysiek en abiotisch gezien potentieel geschikt voor de ontwikkeling van vegetaties behorende tot H3130?

Om deze vragen te beantwoorden dient meer inzicht te worden verkregen in het eco-hydrologisch functioneren van het onderzoeksgebied. Voor de vennen en Drijvende waterweegbree zijn vooral de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van de verschillende plassen in het gebied Leemkuilen van belang. Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen dienen daarom vooral de onderstaande deelvragen te worden beantwoord.

1. Waterkwantiteit:
 - a. Wat is het **huidige peilverloop** van de verschillende vennen en plassen?
 - i. Is er sprake van langdurige droogval?
 - ii. Is sprake van voldoende fluctuatie, waardoor denitrificatie kan optreden en stikstof via de lucht kan worden afgevoerd?
 - b. Wat is het **gewenste peilverloop** voor de verschillende vennen en plassen.
 - c. Op welke manier kan het **peilverloop van de vennen en plassen worden gestuurd**?
 - i. Wat is de waterbalans van de vennen en plassen?
 - ii. Hoe groot is de wegzijging naar de ondergrond?
 - iii. Als hier voor de verschillende plassen meer zicht op is, wordt duidelijk wat het aandeel in de voeding van de Leemkuilen is door:
 1. Regenwater.
 2. Lokaal grondwater.
 3. Regionaal grondwater vanuit formatie van Sterksel.
 - iv. Is er sprake van drainerende werking van watergangen in de omgeving?
2. Waterkwaliteit:
 - a. Wat is de **huidige waterkwaliteit** van het oppervlaktewater, grondwater en poriewater?
 - i. Wat is de kwaliteit van het zeer lokale grondwater dat in de winter over de leemlaag naar de plassen stroomt?
 - ii. Wat is de kwaliteit van het ondiepe grondwater uit de formatie van Bortel **onder de leemlaag** dat in de winter richting de plassen stroomt?
 - b. Wat is de **gewenste waterkwaliteit** van oppervlaktewater, grondwater en poriewater in de oeverzone?

Antwoorden op deze onderzoeksvragen zijn van belang om duidelijkheid te geven over het functioneren van de vennen en plassen in de Leemkuilen, waar er door middel van beheer- en/of inrichtingsmaatregelen optimaal gestreefd kan worden naar een duurzame instandhouding van zwakgebufferde vennen en sloten.

Ook is gevraagd om op basis van de bodemchemische kwaliteit van de bodem in de graslanden aan de noordwestzijde van de Leemkuilen een inschatting te maken van de kansen om hier hoogwaardige natuur te ontwikkelen zoals schrale graslanden (beheertype N10.01) of vochtige hooilanden (beheertype N10.02).

Tenslotte is er ook gevraagd om een aanbeveling te doen voor vervolgmonitoring, waaronder de plaatsing van een extra diepe peilbuis.

1.4 Werkwijze

Ten behoeve van de beantwoording van de onderzoeksvragen is de onderstaande stapsgewijze werkwijze gevolgd.

Stap 1: Literatuuronderzoek en projectvoorbereiding

Bij verschillende databanken van o.a. dinoloket, waterschap de Dommel (Hydronet) en uit veldkennis van beheerders van waterschap en Brabants Landschap zijn gegevens opgevraagd met betrekking tot de bodemopbouw, hydrologie, gebruikshistorie van het gebied, flora, fauna en vegetatie.

Tijdens de projectvoorbereiding is ook een goed beeld verkregen van welke natuurwaarden nog meer sturend zijn voor het beheer in het gebied (m.n. boomkikkers, maar ook bosontwikkeling), en welke eventuele bedreigingen er aanwezig zijn (m.n. watercrassula, ganzen, voedselrijke bouwvoor in sommige poelen, opvulling wateren met rivierzand, aanwezigheid diepe ontwateringssloten). Op basis van deze projectvoorbereiding zijn bij het startoverleg gerichte vragen gesteld aan de beheerder.

Stap 2: Veldverkenning in droge periode in oktober 2020 en in januari 2021 met beheerder

Ter voorbereiding van het project zijn de Leemkuilen in de zeer droge periode in oktober 2020 bezocht. Het gebied Leemkuilen was toen na drie droge jaren nog zeer droog en veel kuilen en poelen stonden deels of geheel droog. Het waterpeil in de grote plassen Heidekreiten en Brabantse hoek was zeer laag. Dit veldbezoek is achteraf zeer erg nuttig gebleken, omdat hiermee een beeld is verkregen van de kuilen die wel of niet regelmatig droogvallen.

Ter voorbereiding van het startoverleg en nadere detaillering van het in de offerte opgenomen globale meetplan zijn de te onderzoeken wateren gecodeerd en genummerd. De leemkuilen zijn vervolgens op 15 januari 2021 door Karel Hanhart, Emiel Brouwer en Theo Quekel (beheerder Brabants Landschap) uitgebreid bezocht. Tijdens dit veldbezoek is op basis van de waargenomen watervegetaties, waterpeilen en spreiding door het gebied een representatieve selectie van te onderzoeken wateren gemaakt. Tevens is de stromingsrichting van de A-watergangen en sloten in en rondom de Leemkuilen geïnventariseerd.

Stap 3: Startoverleg met opdrachtgever en beheerder

Het startoverleg heeft plaats gevonden op 27 januari 2021. Dit overleg is wegens de covid-regelementen digitaal via teams gehouden. Tijdens dit overleg waren aanwezig Thea Huismans, Gerrit Schouten, Martijn Fliervoet, Emiel Brouwer, Karel Hanhart, Yvon Verstijnen en Laura Spa. Tijdens het startoverleg is zo veel mogelijk kennis over het gebied gedeeld om zo een helder gemeenschappelijk beeld te krijgen van de opdracht en een helder beeld van de voorgestelde aanpak en planning.

Stap 4: Installatie 4 extra peilbuizen met filter onder de leemlaag

Op 2, 4 en 16 maart 2021 zijn op 4 locaties in het gebied peilbuizen aangebracht. Hierbij is getracht om het filter aan te brengen in het zandpakket onder de leemlaag.

Stap 5: Monitoring water- en bodem kwantiteit en -kwaliteit

In het voorjaar van 2021 tot en met voorjaar van 2022 zijn op verschillende momenten met de gps waterpeilen gemeten, grond- en oppervlaktewatermonsters genomen, bodemmonsters genomen en planten- en paddenstoelen geïnventariseerd (zie verder in hoofdstuk 3: Methode).

Stap 6: Tussentijds overleg n.a.v. winter- en voorjaarmetingen

Op 28 september 2021 hebben Eelerwoude en B-ware de tussentijdse resultaten van het onderzoek gepresenteerd. Op basis van de gepresenteerde data is besloten om een extra wintermeting van de waterpeilen uit te voeren in februari 2022. Dit omdat de waterpeilen in de Leemkuilen in de einde wintersituatie van 2021 na de drie droge voorafgaande jaren nog niet representatief waren voor een natte einde-wintersituatie.

Stap 7: Opstellen en bespreken conceptrapport

In maart en april 2022 is een conceptrapport opgesteld en op 25 april 2022 gepresenteerd aan de projectgroep. Het onderdeel hydrologie was hierin nog niet verwerkt.

Stap 8: Bespreking conceptrapport

In het conceptrapport zijn de hydrologische aspecten ook meegenomen. De resultaten zijn in een teams-presentatie toegelicht op 16 juni 2022.

Stap 9: Opstellen definitief rapport

De opmerkingen en reacties op de presentatie en conceptrapportage zijn in het voorjaar van 2025 verwerkt tot een definitief rapport.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de ontstaanswijze van de verschillende wateren in de Leemkuilen nader toegelicht en een korte karakterisering van de onderling zeer verschillende wateren gegeven.

In hoofdstuk 3 wordt de gebruikte onderzoeksmethode toegelicht.

In hoofdstukken 4 wordt de bodemopbouw beschreven.

De kwantitatieve aspecten van het watersysteem worden beschreven in hoofdstuk 5 (waterkwantiteit).

In hoofdstuk 6 wordt een beschrijving gegeven van de chemische kwaliteit van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit en waterbodem.

De watervegetaties en paddenstoelen worden beschreven in hoofdstuk 7.

In hoofdstuk 8 (Synthese en kansen) wordt de in de voorgaande hoofdstukken verzamelde informatie geïntegreerd in een synthese. Vervolgens worden knelpunten en kansen benoemd voor het gewenste herstel van zwak gebufferde wateren en terugkeer Drijvende waterweegbree.

In hoofdstuk 9 worden de benodigde inrichtings- en beheermaatregelen voor het herstel van de zwak gebufferde wateren aangegeven.

2 Ontstaanswijze en korte karakterisering van de verschillende wateren

Om een indruk te krijgen van de kansen voor herstel/instandhouding van de zwak gebufferde vennen en eventueel drijvende waterweegbree, is het wenselijk om meer inzicht te krijgen in de samenhang van een aantal parameters op representatieve locaties in het projectgebied.

In het gebied is een groot aantal wateren aanwezig, zeker meer dan 50. Deze verschillen sterk van elkaar in grootte, diepte, mate van isolatie, ontstaansgeschiedenis en chemische waterkwaliteit. Om de samenhang van de verschillende abiotische factoren te begrijpen, is het wenselijk om inzicht te krijgen op de hydrologische voeding en het peilverloop van deze wateren en hieruit resulterende waterkwaliteit.

Op basis van de ontstaanswijze van de wateren, ouderdom, diepte, omvang en ligging in het gebied kunnen de onderstaande groepen wateren worden onderscheiden (zie ook de overzichtkaart in Bijlage 1). De groepen zijn weergegeven in de volgorde van het tijdstip van graven: te beginnen met de in de jaren “50 van de vorige eeuw gegraven Oude leemkuilen in het hart van het gebied ten westen van de Heusdense baan tot de recent door Brabants Landschap gegraven Boomkikkerpoelen in de graslanden aan de noordwestzijde.

- Oude leemkuilen (leemwinning)
- Nieuwe leemkuilen (natuurontwikkeling)
- Brabantse hoek (zandwinning)
- Heidekreiten (zandwinning)
- Boomkikkerpoelen rondom Heidekreiten (natuurontwikkeling)
- Boomkikkerpoelen noordwestzijde (natuurontwikkeling)

Omdat de verschillende leemkuilen en zandwinplassen vanuit bodemkundig, hydrologisch, vegetatiekundig en beheers-oogpunt sterk verschillen, worden zij in onderstaand hoofdstuk afzonderlijk beschreven.

2.1 Oude leemkuilen: K4 en K5 en K7 t/m K13

Ontstaanswijze:

De oudste leemkuilen zijn aangelegd in de jaren “50 van de vorige eeuw aan weersijden van de Heusdense baan ten behoeve van de leemwinning voor de steenbakkerij (zie Figuur 2). Hierbij werd eerst een laag lemig zand verwijderd en elders in het gebied verwerkt om de bodem op te hogen (bijvoorbeeld in de huidige graslanden in de noordwesthoek). Vervolgens werd hieronder gelegen leemlaag ontgraven tot het niveau waarop de leemlaag te zandig werd voor de fabricage van bakstenen (Londo, 1967). De leemkuilen zijn vaak rechthoekig en gescheiden door niet afgegraven stroken, die nu als dijkjes tussen leemkuilen liggen. Vrij snel na de aanleg van de eerste leemkuilen was er sprake van fraaie venvegetaties, met zeldzame soorten als gesteeld glaskroos (*Elatine hexandra*), wijdbloeiende rus (*Juncus tenageia*), kruipende waterweegbree (*Echinodorus repens*), ondergedoken moerasscherm (*Apium inundatum*) en kleinste egelskop (*Sparganium minimum*). Het voorkomen van deze vensoorten was voor Brabants Landschap aanleiding om de aangrenzende

gronden te verwerven en hier nieuwe leemkuilen te graven ten behoeve van natuurontwikkeling (Londo, 1967 zie volgende paragraaf).

In de huidige situatie zijn de oude leemkuilen vrij ondiep en omgeven door leemdijken waarop oude eiken en wilgen groeien. Door de grote hoeveelheid bladval is er sprake van ophoping van blad op de bodem, waardoor regelmatig sprake is van algenbloei (zie Foto 1).

Vegetatie en beheer:

In de meeste oude leemkuilen is door de beschaduwing en bladval nu vrijwel geen (oever-)vegetatie. Hier en daar is een kroosdek aanwezig. Onder water is de begroeiing zeer schaars en bestaat zowel uit enkele soorten van zachte wateren als enkele soorten van harde en/of voedselrijke wateren. De oevers zijn vooral begroeid met bosopslag waardoor nauwelijks een kruidlaag aanwezig is. Er is niet of nauwelijks beheer, waardoor er geleidelijk successie optreedt naar wilgenstruweel.



Figuur 2: Eerste leemkuilen aangelegd in de jaren '50 voor de fabricage van bakstenen (bron: historische topografische kaart 1960 arcgisonline)

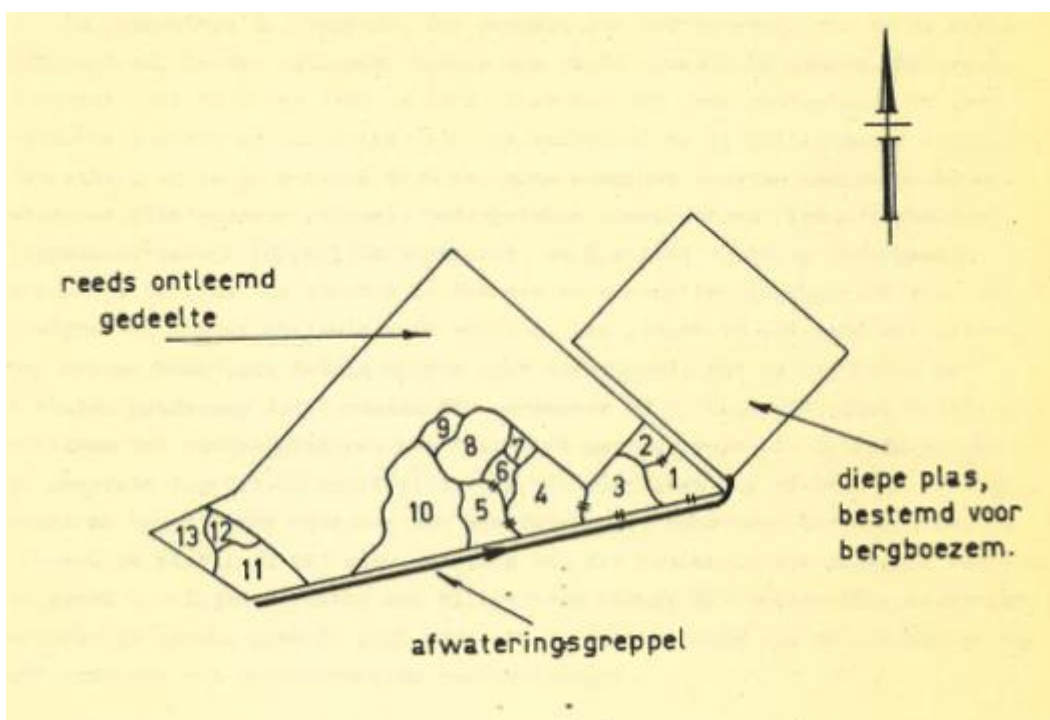


Foto 1: Oude leemkuil K7.

2.2 Nieuwe leemkuilen: K1, K2, K3, K5, K10 en K11

2.2.1 Inrichtingsplan Londo

In 1967 is op verzoek van Brabants Landschap door Londo een ontwerp voor de natuurontwikkeling met nieuwe leemkuilen gemaakt, waarbij het uitgangspunt was dat er een geaccidenteerd bodemreliëf moest ontstaan met zowel flauwe als steile taluds (Figuur 3). Ook moesten er in de kuilen zandkopjes worden aangelegd met het lemige zand dat was opzij gelegd voor het ontgraven van de leem. Hierdoor zouden gradiënten van voedselarm naar voedselrijk en nat naar vochtig ontstaan. Om de putten te beschermen tegen calamiteiten werden zij evenals de originele Leemkuilen omringd door niet afgegraven dijkes, die vanwege landschappelijke en ecologische overwegingen grilliger van vorm en minder rechthoekig werden aangelegd. Om dezelfde reden moest de grootte van de kuilen variëren.



Figuur 3: Ontwerp nieuwe Leemkuilen t.b.v. natuurontwikkeling (Londo, 1967); nummers plan Londo komen niet overeen met K-nummers, in bijlage 1 met overzichtskaart zijn de K-nummers zichtbaar.

Uitgangspunt voor het waterbeheer van de nieuwe leemkuilen was dat:

- Het grootste deel van de bodem in de winter is geïnundeerd en in de zomer droogvalt.
- Een klein deel van de bodem van de putten zo hoog ligt dat het in zeer natte winters niet inundeert,
- Een klein deel van de bodem van de putten zo laag ligt dat deze in zeer droge zomers niet droogvalt.



Foto 2: In het kader van natuurontwikkeling aangelegde Nieuwe leemkuil met hierin zichtbaar de gradiënt in bodemhoogte om geleidelijke droogval in de zomer mogelijk te maken. De foto is genomen tijdens het oriënterende veldbezoek in het zeer droge najaar van 2020.

De maaiveldhoogte van het gebied bedroeg waarschijnlijk vóór de aanleg van de leemkuilen ca. 9 tot 10 m. +NAP overeenkomend met de huidige maaiveldhoogte van de omgeving (zie hoogtekaart in Figuur 14 op blz. 37). Volgens het ontwerp van Londo, zou de bodemhoogte van de natuurontwikkelingskuilen ca. 7 m. +NAP worden: 2 tot 3 m. diep.

Tijdens het opstellen van het ontwerp door Londo was men zich al bewust van het feit dat na uitgraven van de leem en deels aanbrengen van de lemige zandruggen de bodem te laag zou zijn om de bovengenoemde uitgangspunten te realiseren. Zonder sturing van het waterpeil zou er teveel water in de kuilen blijven staan, waardoor de bodem in een normaal jaar in de zomer over een te klein oppervlak of geheel niet zou droogvallen. Ter vergelijking: het huidige peilverloop van de grondwaterstand ter hoogte van peilbuis B45C1081 aan de noordwestzijde van de Nieuwe leemkuilen varieerde in de vanuit klimaattoegpunt bekeken “vrij normale jaren” 2010-2017 van ca. 7,0 tot 8,3 m. +NAP (zie Figuur 23 op bladzijde 53).

Om voldoende droogval van de nieuwe en oude kuilen te bewerkstelligen, werd daarom een gemaal aan de zuidoostzijde van de nieuwe Leemkuilen gebouwd, waarmee het waterpeil kon worden verlaagd. De laagste peilen zouden worden ingesteld aan de zuidoostzijde (huidige kuil K6). Tussen deze kuil en meer noordwestelijke kuilen zouden vaste bodemdrempels in de dijkjes of liever nog vaste stuwtjes worden geplaatst, zodat in deze kuilen geleidelijk hogere peilen konden worden ingesteld. Deze zijn in Figuur 3 aangegeven met een “=” teken.

2.2.2 Inrichting van het gebied

Leemkuilen K5 en K6 zijn in de jaren “60-“70 aangelegd. Putten K1, K2, K3, K10 en K11 pas in de jaren “90. Het ontwerp is uiteindelijk licht gewijzigd, waarbij er geen stuwtjes maar drempels in de dijkjes zijn gebruikt.

De uiteindelijk gerealiseerde bodemhoogten zijn voor een deel zichtbaar op de AHN4 hoogtekaart, die is gevlogen op een moment dat het waterpeil in het gebied relatief laag was (zie Figuur 4). Op de hoogtekaart is te zien dat de bodemhoogte van de meest zuidoostelijke kuil K6 ca. 7,0 – 7,3 m. bedraagt. De droogvallende

Legend

- Projectgebied
- Waterschap 210025
- Waterschap 211003
- Paalboort
- Paalboort
- Paalboort

Hoogtekaart AHN4

~VALUE~

6.90 - 7.00
7.00 - 7.10
7.10 - 7.20
7.20 - 7.30
7.30 - 7.40
7.40 - 7.50
7.50 - 7.60
7.60 - 7.70
7.70 - 7.80
7.80 - 7.90
7.90 - 8.00
8.00 - 8.10
8.10 - 8.20
8.20 - 8.30
8.30 - 8.40
8.40 - 8.50
8.50 - 8.60
8.60 - 8.70
8.70 - 8.80
8.80 - 8.90
8.90 - 9.00
9.00 - 9.10
9.10 - 9.20
9.20 - 9.30
9.30 - 9.40
9.40 - 9.50
9.50 - 9.60
9.60 - 9.70
9.70 - 9.80
9.80 - 9.90
9.90 - 10.00
10.00 - 10.10

Locatie

- Zomerpeil : 6,5 m. +NAP
- Winterpeil: 7,5 m. +NAP

- Einde zomerpeil: 7,55 m. +NAP (21 november 2021)
- Einde winterpeil: 8,18 m. +NAP (3 maart 2022)

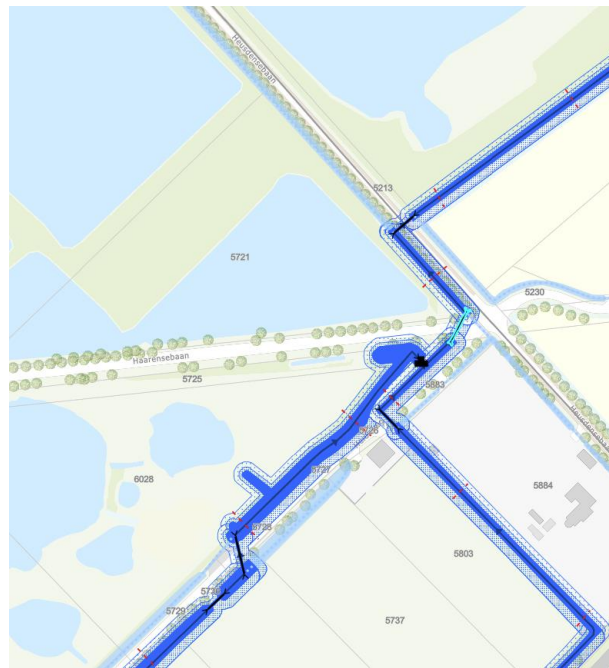
Alleen tijdens de zeer droge einde-zomerperiode in november 2020 was kuil K6 geheel drooggefallen (zie Foto 3 - links). In kuil K1 en K2 (zie Foto 3 – rechts) waren de zandruggen drooggefallen, in overige kuilen waren ook grotere en kleinere delen drooggefallen.



Foto 3: Links: in een zeer droge einde zomersituatie van 2021 volledig drooggefallen nieuwe leemkuil K6 in de zuidoosthoek van de nieuwe leemkuilen met een bodemhoogte van 7,3 m. +NAP. Rechts: gedeeltelijk drooggefallen kuil K2, de droogvallende zandruggen zijn goed zichtbaar.

Het waterpeil in de nieuwe kuilen wordt indirect gestuurd door het aanslagpeil van het gemaal in de A-watergang ZL 22, dat is ingesteld op een maximaal waterpeil van **7,60 m. +NAP** (eigen metingen in maart, juni, november 2020 en maart 2021). Daarnaast is er geen verbindingsduiker aangetroffen tussen kuil K6 en A-watergang ZL-22, waardoor water in de oude en Nieuwe Leemkuilen stagneert. Door het ontbreken van een verbindingsduiker in combinatie met de geringe doorlatendheid van de leembodem, stijgt het waterpeil in deelgebieden oude en nieuwe leemkuilen dus ruim boven het maalpeil van 7,60 m. +NAP. Het lijkt er dus op dat het originele peilbeheer van de oude en nieuwe leemkuilen niet meer wordt toegepast.

Om de door Londo gewenste zomerse droogval van de Oude en Nieuwe Leemputten te realiseren zou het stuwpeil moeten worden verlaagd tot de bodemhoogte van de meeste kuilen van ca. 6,60 m. +NAP (een meter lager dan het huidige maalpeil). Daarnaast zou er een verbindingsduiker moeten worden gemaakt tussen leemkuil K6 en de door de bemaling gestuurde A-watergang ZL-22. Het door Londo gewenste peilregime van 6,50 tot 7,50 m. +NAP is daarom in de huidige situatie niet wenselijk en moet worden losgelaten (zie hoofdstuk Analyse).



Om

Foto 4: Gemaal in A-watergang ZL22 aan de zuidzijde van de Leemputten. Dit gemaal heeft een aanslagpeil van 7,60 m. +NAP. Rechts: Leggerkaart Waterschap de Dommel. Hierop is te zien dat het uitgedempte water in A-watergang ZL-20 stroomt, welke het water ten zuiden van Leemkuilen in noordoostelijke richting afvoert. Het waterpeil van watergang ZL-20 wordt hier bepaald door de bodemhoogte van de duiker onder de Haarense baan van 8,14 m. +NAP. Voor een overzichtkaart van de A-watergangen wordt verwezen naar Bijlage 1.

2.2.3 Vegetatie en beheer

Londo wees er in zijn plan op dat de jaarlijks droogvallende kuilen snel zouden dichtgroeien met wilgen, alleen permanent geïnundeerde delen zouden niet dichtgroeien. Om dichtgroeien van het grootste deel van de kuilen dat elke zomer zou droogvallen te voorkomen, zou de beheerder deze moeten maaien. Doordat de meeste kuilen een hoger peil kregen dan verwacht bleek maaien van de venbodems niet noodzakelijk om de bodems van de leemkuilen open te houden. In poel K6 trad de meeste droogval op, maar ook hier is geen bosopslag zichtbaar (zie Foto 3 - links). Wel is op de topografische kaarten als snel na aanleg bos ingetekend op de dijkjes tussen de leemkuilen. De bomen op deze dijkjes zijn deels ook vele tientallen jaren oud; het lijkt er dus op dat er na de aanleg nauwelijks sprake is geweest van het verwijderen van boomopslag.

Op de habitattypkaart in Figuur 1 (bladzijde 5) is aan de westzijde van leemkuil K6 en dijkje tussen kuilen K1 en K2 de habitatsoort drijvende waterweegbree aangegeven. Deze soorten zijn in dit onderzoek niet meer aangetroffen (net zoals door andere auteurs is vermeld in 2017 en 2021).

Met name op de droogvallende zandrug aan de noordoostzijde van kuil K1 worden nog de meeste vensoorten aangetroffen, zoals gesteed glaskroos (*Elatine hexandra*), waterpostelein (*Lythrum portula*) en naaldwaterbies (*Eleocharis acicularis*). Naast het feit dat deze grote kuil in verhouding minder bladval en meer windwerking heeft, wijst het voorkomen van deze vensoorten op het belang van droogvallende oevers.

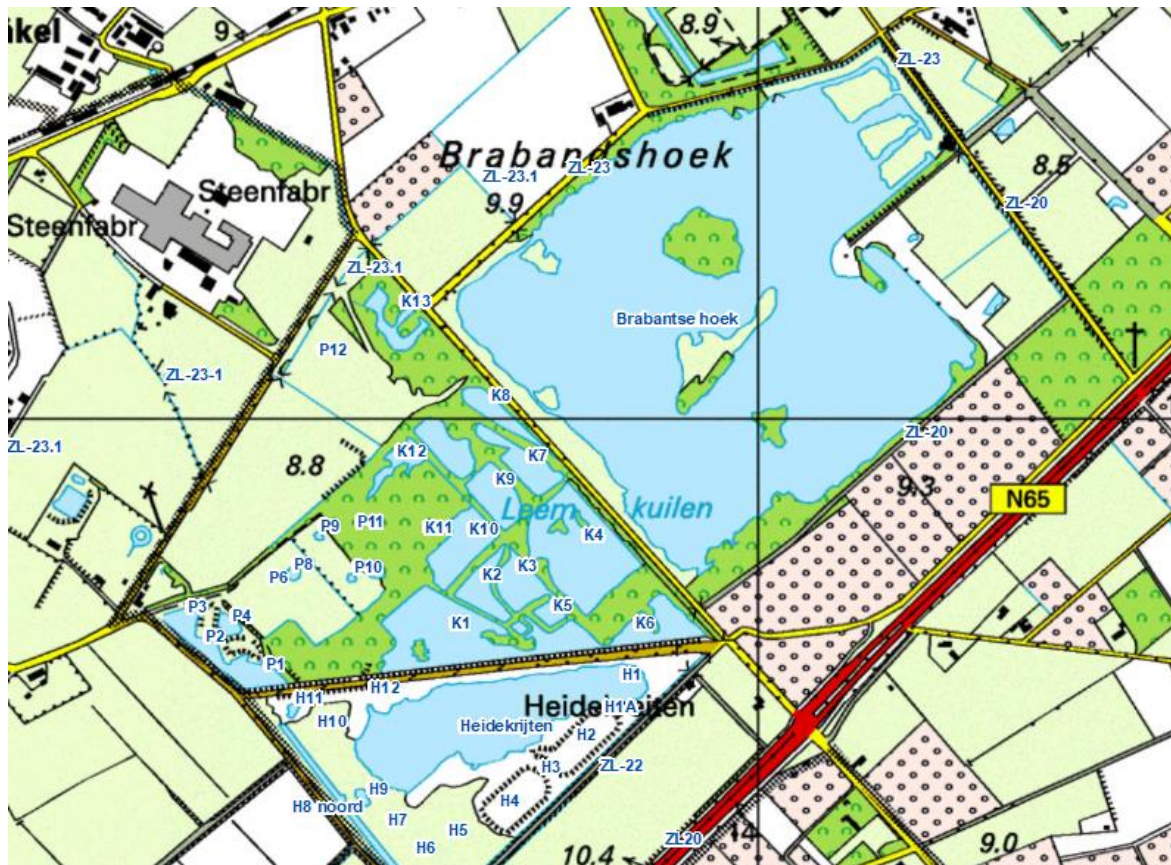
2.3 Zandwinplas Brabantse hoek

2.3.1 Ontstaanswijze

In de jaren ‘90 waren de nieuwe leemkuilen aan de zuidwestzijde van de Heusdense baan allemaal gerealiseerd (zie Figuur 5). De bestaande oude leemkuilen aan de noordoostzijde van de Heusdense baan zijn vergroot en uitgediept ten behoeve van zandwinning, wat heeft geleid tot het ontstaan van de huidige grote waterplas “Brabantse hoek” (zie Foto 5). De diepte van de grote waterplas is door B-ware vanaf een boot ingemeten en bedraagt ca. 16 m. Deze dieptemetingen komen overeen met de resultaten van Seelen (Seelen, 2014). Door deze grote diepte staat de bodem van de plas in rechtstreekse verbinding met het goed doorlatende eerste watervoerende pakket (formatie van Sterksel; zie geohydrologische schematisatie van west naar oost in Bijlage 5). In het midden van de plas bevinden zich 2 eilanden.



Foto 5: Zicht op de Brabantse hoek vanaf een vissteiger langs de Heusdense baan. Op de achtergrond de twee eilanden.



Figuur 5: Topografische kaart 1998 na aanleg van nieuwe leemkuilen ten zuidwesten van de Heusdensedijk en zandwinplassen Brabantse hoek en deel van Heidekrijten. De namen en nummers van de wateren zijn op deze kaart geprojecteerd.

2.3.2 Afwatering van de Brabantse hoek

Aan de noordoostzijde van de Brabantse hoek bevindt zich een PVC duiker met een diameter van 200 mm tussen de plas en de noordoost gerichte sloot die in rechtstreekse verbinding staat met A-watergang ZL-20. In de winter stroomt er een grote hoeveelheid water via deze duiker uit de zandwinplas naar de ZL-20. De binnen onderkant van de betonnen duiker bedraagt 7,65 m. +NAP. Door de aanwezigheid van de duiker wordt het waterpeil van de Brabantse hoek in de winter afgetopt op een hoogte van 7,65 m. +NAP. Doordat de duiker klein is gedimensioneerd in vergelijking met de grootte van de plas en duiker makkelijk verstopt kan raken, kan het waterpeil van de plas in de wintermaanden enige decimeters boven dit niveau uitstijgen. In paragraaf 5.3.1 op bladzijde 54 wordt nader ingegaan op de peilfluctuatie van de zandwinplas Brabantse hoek.



Foto 6: Uitstroming via onder water gelegen verbindingsduiker DSH0008041 tussen de waterwinplas Brabantse hoek en A-watergang ZL-24 (klein traject), die het water in noordoostelijke richting afvoert naar de ZL-20 (Waterschap De Dommel, 2025). De A-watergang wordt tevens vanuit de noordwestzijde via een gemaal wordt gevoed door A-watergang ZL-23, die de afwatering van de gronden ten noorden en noordwesten van de Leemkuilen verzorgt. A-watergang ZL-20 wordt tevens vanuit het zuidoosten gevoed door bovenlopen van watergang ZL-20 die de afwatering van de gronden ten zuiden van de Leemkuilen verzorgt. Voor een overzicht van de leggerwatergangen wordt verwezen naar de overzichtkaart in Bijlage 1.

2.3.3 Vegetatie en beheer

De oevers van de plas Brabantse Hoek zijn met uitzondering van de noordoostzijde vrij stijl en tot aan de waterlijn begroeid met o.a. wilg en zwarte els. Op de habitattypekaart (zie Figuur 1 op bladzijde 5) zijn de oeverzones aan de zuidwestzijde, bij het zuidelijkste eiland en in de brede lage niet beboste oeverzones, aangewezen als habitattype H3130 (Zwak gebufferde vennen). Met name de lage oeverzone aan de noordoostzijde is geheel bedekt met een 20 cm dikke laag watercrassula (waarneming in 2021-2022). In de ondiepe delen overheersen smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en tenger fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*). Verder zijn plantensoorten indicatief voor zwak gebufferde vennen aangetroffen. In de ondiepe delen is regelmatig teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) aanwezig en op de oostoever groeien hier en daar gesteeeld glaskroos, waterpostelein en oermos (*Archidium alternifolium*). Aan de westoever is ook stomp fonteinkruid (*Potamogeton obtusifolius*) gevonden.

2.4 Zandwinplas Heidekreiten

2.4.1 Ontstaanswijze

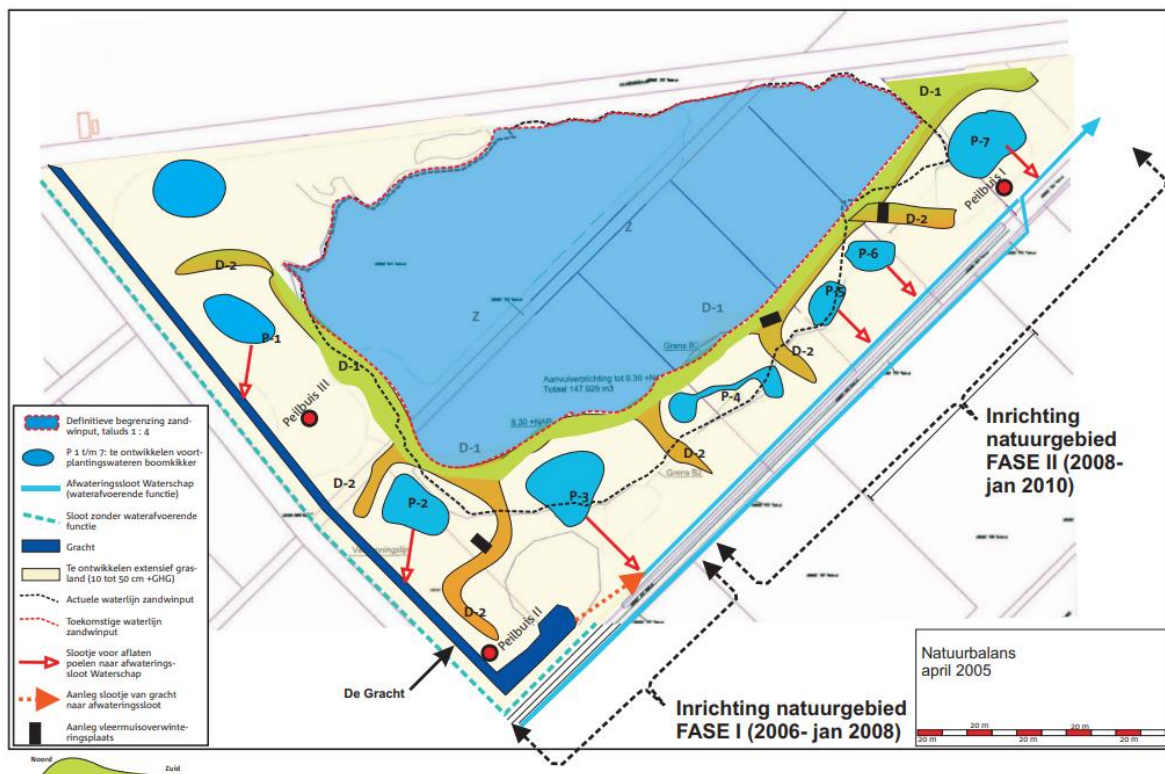
Rond 1998 is aan de westzijde van de Heusdense baan een begin gemaakt met de aanleg van de tweede zandwinplas: *Heidekreiten* (zie Figuur 5). Deze zandwinplas is gegraven aan de zuidzijde van het gebied van de Oude en Nieuwe leemkuilen en wordt hiervan gescheiden door een oude beukenlaan: de *Haarense baan*. Op de kaart uit 1998 zijn de huidige Boomkikkerpoelen nog niet aangegeven. Hier bevonden zich in die tijd nog omwalde zanddepots. Aan de zuidwestzijde zijn nog de oorspronkelijk hier gelegen graslanden te zien.

De diepte van de plas Heidekreiten is gemeten door B-ware met een peilboot en bedraagt op het diepste punt ca. 12 m. Door deze diepe uitgraving staat deze zandwinplas evenals de zandwinplas Brabantse hoek, via grondwater in vrij rechtstreekse verbinding met het eerste goed doorlatende watervoerende pakket (formatie van Sterksel; zie dwarsdoorsnede B-B' door de ondergrond in Figuur 41 op bladzijde 92).

De zandwinning in Heidekreiten mocht destijds alleen plaatsvinden, wanneer hierdoor het leefgebied van de Boomkikker zou worden uitgebreid (Crombaghs, 2005). Hiervoor dienden een groot aantal poelen te worden aangelegd. Tevens diende de zandwinplaats na uitgraven voor een belangrijk deel weer te worden opgevuld met schone zandgrond. In overleg tussen Brabants landschap en de beoogde exploitant Joop van Bortel BV is door Natuurbalans Limes Divergens een plan opgesteld (Crombaghs, et al., 1995). Op basis van dit rapport is door de Provincie Noord-Brabant een ontgrondingsvergunning verleend.

De uitvoering van de zandwinning was destijds niet geheel volgens plan verlopen (Crombaghs, 2005). Op sommige plaatsen was te veel zand gewonnen, op andere plaatsen te weinig. In opdracht van de begeleidingscommissie van de zandwinning is daarom in 2005 door Natuurbalans Limes Divergens een toetsing uitgevoerd in het kader van de Flora- en faunawet en Habitatrichtlijn en een herziening van het inrichtingsplan opgesteld. In dit rapport is de toenmalige inrichting van het plangebied door Natuurbalans Limes Divergens in detail in kaart gebracht en in de rapportage tekstueel toegelicht (zie Figuur 6).

In de ontwerpkaart in Figuur 6 is de destijds actuele oeverlijn van de plas aangegeven met een zwarte stippellijn. Tot deze lijn was de bodem door de zandwinner uitgegraven. Om te voldoen aan de eisen van het ontgrondingsbesluit heeft de zandwinner de bodem terug aangevuld tot de nieuwe oeverlijn (rode gestippelde lijn).



Figuur 6: Herinrichtingsplan Heidekreiten (Crombaghs, 2005) (noot: afwaterende waterlopen van landbouwgebied staan niet of gedeeltelijk op deze kaart)

Deze grondaanvulling is nog in de huidige situatie in de bodem zichtbaar. De originele leembodem buiten de zwarte stippellijn bestaat nu nog uit de van nature in het gebied aanwezige ca. 3 tot 5 m. dikke laag leem en lemig zand (zie boorprofielen PB01 en PB03 aan de zuid- en oostzijde van Heidekreiten in Foto 11 op bladzijde 39). Op grond van enige niet gedocumenteerde grondboringen, aangevuld met visuele waarnemingen aan het geërodeerde talud van de zandwinplas Heidekreiten, is vastgesteld dat de aangevulde bodem binnen de zwarte

en rode stippellijn uit een zeer grote variatie bestaat van aangevoerd leemarm zand, lemig zand en leem, soms met puinresten (bakstenen) afkomstig uit een groot aantal partijen aangevoerde grond.

Vóór de inrichting als natuurgebied bevond zich in de Heidekreiten een regulier bemest grasland. Ten behoeve van de inrichting als natuurgebied is in de niet aangevulde delen de voedselrijke bouwvoor verwijderd, waardoor de begraasde graslandvegetatie nu relatief schraal en zeer bloemrijk is. Aan de zuidoostzijde zijn op de afgegraven bodem tijdelijk gronddepots ingericht (zie Foto 7 - links).



Foto 7: Links: zicht op de Heidekreitenplas vanaf het gronddepot aan de zuidoostzijde en poelen H1A en H2, die grotendeels zijn aangelegd in de aangevulde grond van wisselende samenstelling. Rechts: uitstroming van water uit Heidekreitenplas in maart 2020 via de uitgediepte verbindingsloot naar poel H1 toen de drempelhoogte nog 8,0 m. +NAP bedroeg.

2.4.2 Afwatering van de Heidekreitenplas

Het uitgangspunt van het Herziene inrichtingsplan (Crombaghs, 2005) voor de afwatering van de Heidekreitenplas, is dat er alleen bij extreem hoge waterpeilen water uit de plas kan worden afgevoerd. Dit om het water in de plas en poelen zo goed mogelijk vast te houden.

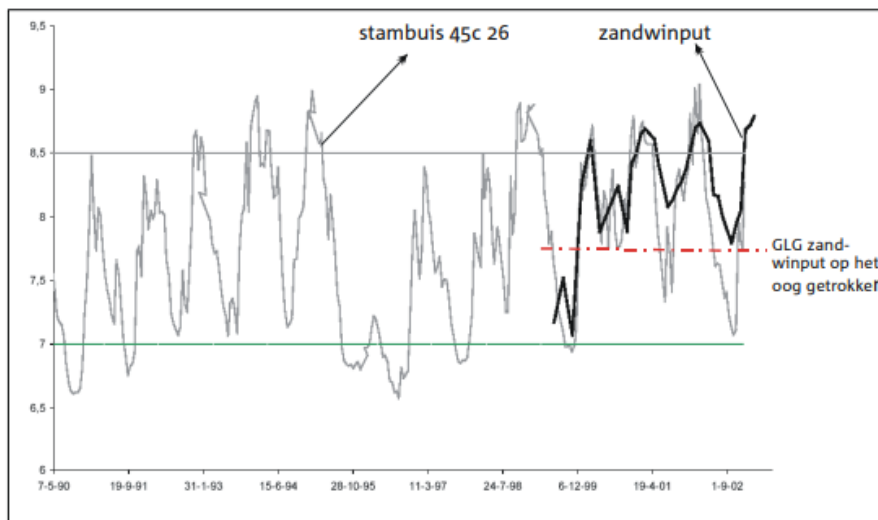
Op basis van metingen van het waterpeil in de periode 1999 – 2003 (zie Figuur 7) en extrapolatie van deze metingen op basis van de meetreeks van stambuis B45C026 is in dit rapport het volgende grondwaterregime afgeleid (zie Tabel 1). Het grondwaterregime van peilbuis B45C0026, dat Crombaghs et al hebben gebruikt voor het ontwerp van de Heidekreitenplas en aangrenzende Boomkikkerpoelen, komt overeen met het huidige peilregime aan de noordwestzijde van de Oude en Nieuwe leemkuilen bij peilbuizen B45C0390-1, B45C0390-1, B45C1031 en B45C 1032 (zie Figuur 21 op bladzijde 52 en Figuur 23 op bladzijde 53).

Tabel 1: Uitgangspunten ontwerp Heidekreitenplas (Crombaghs, 2005)

deelgebied	maximum peil m. +NAP	GHG m. +NAP	GLG m. +NAP	fluctuatie m.
Grondwater ondiep (B45C026)	8,8	8,5	7,0	1,5
Heidekreitenplas (Crombaghs, 2005)	8,8	8,5	7,8	0,7

Op basis van handpeilingen in de zandwinplas Heidekreiten stellen (Crombaghs, 2005) vast dat het gemiddelde laagste waterpeil in de zandwinplas hoger is dan het freatisch grondwater gemeten bij peilbuis B45C026: namelijk 7,8 m. +NAP. De auteurs verklaren het hogere zomerpeil van de zandwinplas door toestroming van grondwater vanuit het 1^e watervoerende pakket. Dit was toen ook al onjuiste veronderstelling. De relatief geringe fluctuatie van de waterwinplas in vergelijking met de grondwaterstand is te verklaren doordat een grondlichaam een relatief grote seizoens-fluctuatie vertoont (kleine poriën en geringe hoeveelheid water in bodem 10-30% is water; 100 mm verdamping is 30-100 cm daling). In open water is de daling a.g.v. verdamping of wegzijging relatief gering (100 mm verdamping is 10-15 cm daling).

In het inrichtingsplan wordt gesteld dat het maximum peil van 8,8 m. +NAP vrijwel nooit wordt overschreden. Op basis van deze metingen is daarom door Crombaghs in 2005 voorgesteld om de drempelhoogte van de afwatering van de zandwinplas Heidekreiten aan de noordoostzijde in te stellen op een niveau van **8,8 m. +NAP**. Dit maximum peil is meer dan een meter hoger dan het ten behoeve van de Oude en Nieuwe leemputten door Londo gewenste streefpeil van **6,5 tot 7,5 m. +NAP**. Zoals besproken in paragraaf 2.2 zijn beide streefpeilen onderling conflicterend (zie hoofdstuk 8 Synthese en kansen).



Figuur 7: peilverloop grondwaterstand in stambuis B45C0026 (dunne zwarte lijn) en metingen van het waterpeil van de zandwinplas Heidekreiten (dikke zwarte lijn) (Crombaghs, 2005)

Tijdelijke verlaging van de drempelhoogte tot 8,0 m. +NAP:

Tijdens het veldwerk door Eelerwoude en B-ware in maart 2021 werd de drempelhoogte van de Heidekreitenplas met de 3 cm nauwkeurige gps ingemeten op een hoogte van **8,0 m. +NAP**. De drempelhoogte werd op dat moment bepaald door de bodemhoogte van de kleine verbindingsloot tussen de Heidekreitenplas

en poel H1 (zie voor de ligging van deze poel de overzichtkaart in Bijlage 1). Er stroomde op dat moment ca. 2 tot 3 l/sec water over de slootbodembodem naar poel H1 (zie Foto 7 -rechts).

De verbindingssloot was op dat moment uitgediept om overstroming van de poelen in de zuid- en westoever van de zandwinplassen te voorkomen, waardoor er vis en mogelijk watercrassula in de voor de Boomkikker aangelegde poelen zou terecht kunnen komen (mondelinge mededeling Theo Quekel, beheerder Brabants Landschap). De nieuwe drempelhoogte van 8,0 m. +NAP is **80 cm lager** dan de drempelhoogte van 8,8 m. +NAP die was vastgesteld in het Herinrichtingsplan (Crombaghs, 2005). Als gevolg van de lagere drempelhoogte wordt er minder oppervlaktewater in de plas vastgehouden. Door het relatief lagere peil van waterplas Heidekreiten stroomt er meer gebufferd grondwater in de plas, waardoor de buffering van het water van de Heidekreitenplas toeneemt. Ook wordt het eerste watervoerende pakket gedraineerd, wat onwenselijk is vanuit de strategie om deze grondwatervoorraad zo lang mogelijk vast te houden).

Het waterpeil van poel H1 van 7,80 m. M.+NAP werd bepaald door de bodemhoogte van het verbindingsslootje tussen poel H1 en de A-watergang ZL-22 die hier de noordwestelijke bermsloot van de Kreitenheideweg vormt.

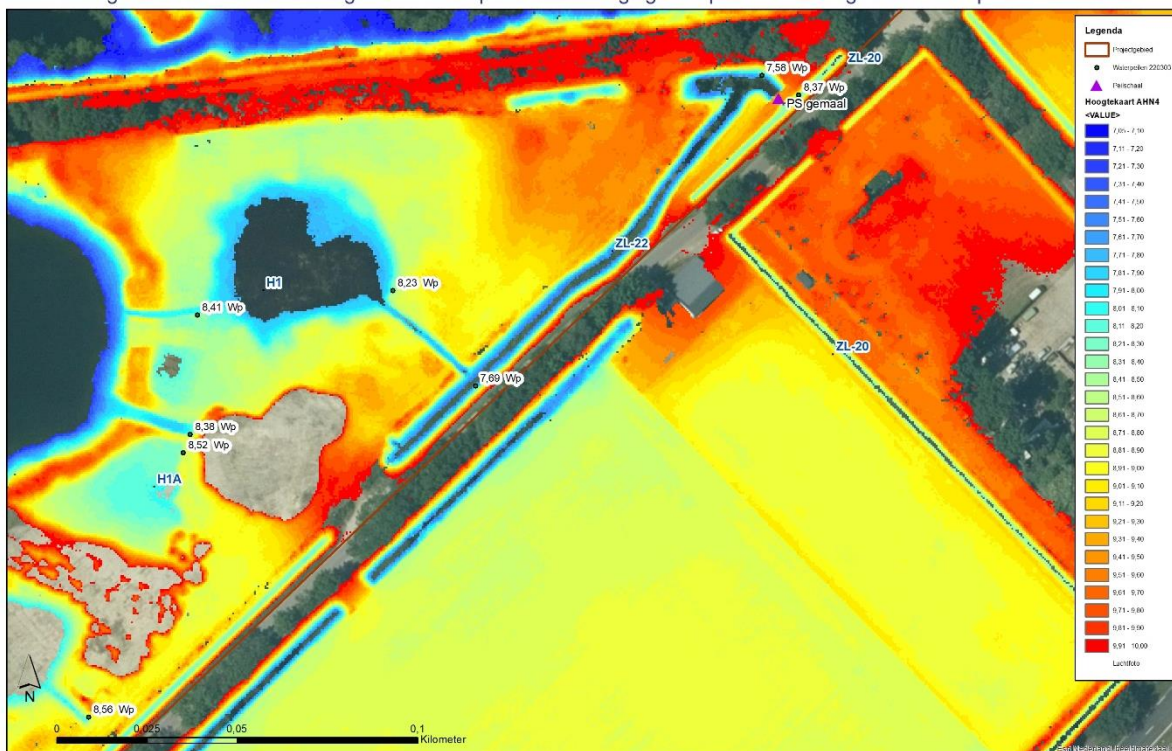
Gedeeltelijk herstel van de drempelhoogte tot 8,40 m. +NAP:

Op 3 maart 2022 was de drempelhoogte van de Heidekreitenplas door de beheerder met 40 cm verhoogd tot ca. 8,4 m. +NAP. De verhoging vond plaats door het aanleggen van een brede grondwal in de verbindingssloot tussen poel H1 en A-watergang ZL-22 (zie Foto 8 - links) en een smalle grondwal in de verbindingssloot tussen de Heidekreitenplas en poel H1 (zie Foto 8 – rechts). Het waterpeil van de Heidekreitenplas was hierdoor gestegen tot 8,40 m. +NAP.



Foto 8: Links: deels herstelde drempelhoogte van de Heidekreitenplas door het aanbrengen van een grondwal in de verbindingssloot tussen poel H1 en A-watergang ZL-22. Rechts: 2e grondwal in de verbindingssloot tussen de Heidekreitenplas en poel H1. Het water stroomde tijdens het veldbezoek in maart 2022 uit de Heidekreitenplas over maaiveld naar poel H1. Hierdoor werd het waterpeil van de Heidekreitenplas afgetopt op 8,4 m. +NAP.

De drempelhoogte van de Heidekreitenplas was hiermee nog niet teruggebracht tot de oorspronkelijke drempelhoogte van 8,8 m. +NAP, zoals voorgesteld door (Crombaghs, 2005). In de periode 1999-2003 waren de percelen rondom de waterplas Heidekreiten nog niet afgegraven en het maaiveld was hoger dan NAP +9,3m. Deze drempelhoogte is destijds waarschijnlijk gerealiseerd door een verlaging in de ringwal rondom de hele zandwinplas. De ringwal heeft een hoogte van ca. 9,5 m. +NAP (zie Figuur 8).



Figuur 8: AHN4 hoogtekaart en in de einde-wintersituatie van maart 2022 gemeten waterpeilen na verhoging van de drempelhoogte van de Heidekreitenplas tot 8,4 m. +NAP.

Het waterpeil van A-watergang ZL-22, die het water vanuit poel H1 afvoert, wordt bepaald door het aanslagpeil van 7,6 m. +NAP van het gemaal bij het kruispunt van de Kreitenheideweg/Haarense baan. Het gemaal pompt het water uit de ZL-22 in de A-watergang ZL-20, welke het water langs het natuurgebied in noordoostelijke richting afvoert (zie Foto 4 en onderstaande Figuur 9).



Figuur 9: Legger waterschap De Dommel met hierop aangegeven de ligging van de A-watergangen aan de zuidzijde van het gebied en gemaal op de kruising Heideweg en Haarense baan dat het water bij peilen hoger dan 7,6 m. +NAP uit de ZL-22 in de ZL-20 pompt. Strooming water in de A-watergangen is overwegend zuidwest naar noordoost.

2.4.3 Vegetatie en beheer

De gronden rondom de plas zijn omrasterd en worden begraasd. De taluds zijn steil en over het algemeen bedekt met watercrassula. In de waterlaag overheersen plantensoorten van hard water, zoals aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*) en grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*). In het verleden zijn aan de westoever vensoorten aangetroffen die aanleiding gaven tot aanduiding van dit gebied tot habitattype H3130 (Zwak gebufferde vennen). Deze soorten zijn nu vrijwel niet meer aangetroffen (zie hoofdstuk 7).

2.5 Boomkikkerpoelen Heidekreiten

De poelen rondom de Heidekreitenplas zijn ter compensatie van de zandwinning aangelegd als boomkikkerhabitat (Crombaghs, 2005). De ontstaanswijze van dit gebied is complex en meerdere malen aangepast na onvoorziene gebiedsontwikkelingen (mondelinge mededeling Theo Quekel, beheerder). Hieronder worden de uitgangspunten van het ontwerp van de Boomkikkerpoelen zoals beschreven in het Herinrichtingsplan uit 2005 (Crombaghs, 2005) en huidige situatie kort toegelicht.

2.5.1 Uitgangspunten ontwerp boomkikkerpoelen Heidekreiten

De poelen zijn in eerste instantie op basis van het in Tabel 1 gepresenteerde grondwater en oppervlaktewaterregime van de Heidekreitenplas gedimensioneerd, waarbij werd verondersteld dat het peilverloop in de poelen enigszins vergelijkbaar zou zijn met de Heidekreitenplas.

Zomerse droogval van de Boomkikkerpoelen:

De Boomkikkerpoelen dienen volgens (Crombaghs, 2005) in een droge zomer droog te vallen om te voorkomen dat hier vis in zal overleven (niet wenselijk voor de overleving van de larven van de Boomkikker). Om droogval mogelijk te maken hebben de poelen een ontwerpbodemhoogte gekregen van 7,3 tot 7,5 m. +NAP. Deze bodemhoogte is 0,3 tot 0,5 m. lager dan het verwachte zomerpeil van de Heidekreitenplas van 7,8 m. +NAP (zie Tabel 1). Men verwachtte waarschijnlijk geen problemen met onvoldoende droogval, omdat de poelen niet in directe verbinding staan met de Heidekreitenplas en de weerstand van de leembodem hoog zou zijn. Hierdoor zou het waterpeil van de poelen worden bepaald door het grondwaterregime (GLG=7,0 m. NAP), waarbij de poelen in de zomer konden droogvallen.

De poelen zouden via de brede sloot aan de zuidwest- en zuidoostzijde kunnen worden drooggelegd om de poelen bij onvoldoende droogval alsnog te kunnen droogleggen. De bermsloot zou hiertoe een bodemhoogte van 6,95 m. +NAP krijgen en afwateren op watergang ZL-22 naar het gemaal aan de oostzijde bij de kruising Haarensbaan/Kreitenheideweg, dat het water uitslaat naar watergang ZL-20. Dat was toen al niet mogelijk, omdat in beide A-watergangen een hoger waterpeil aanwezig is. Men heeft toendertijd de westelijk gelegen onderbemaling in het landbouwgebied “over ‘t hoofd gezien” of willen gebruiken voor deze lage waterstanden.

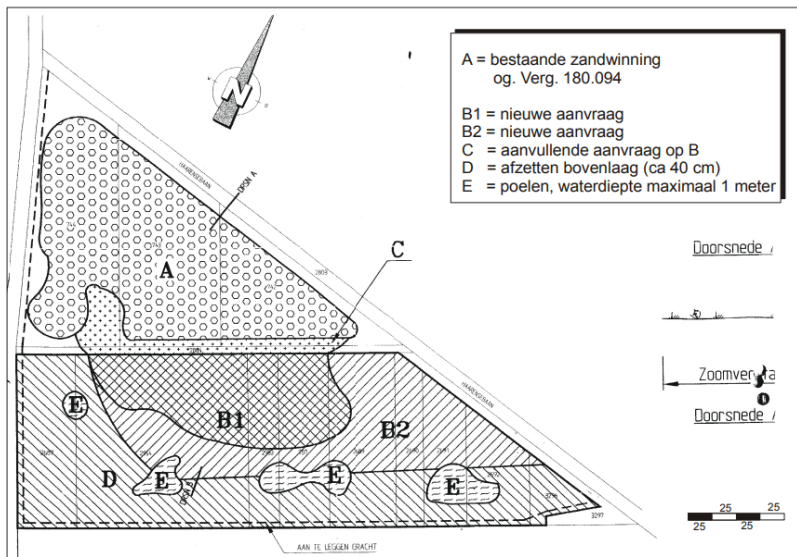
De poelen dienen volgens het herinrichtingsplan een maximale waterdiepte van 1,0 m. te krijgen. Het maaiveld rondom de poelen zou daarom een hoogte van ca. 8,6 tot 9,1 m. +NAP moeten krijgen.

Voorkomen instroming van oppervlaktewater vanuit Heidekreitenplas:

De poelen moeten echter niet bij extreem hoge waterpeilen worden geïnundeerd met water uit de Heidekreitenplas (vissen). Daarom moest er tussen de poelen en Heidekreitenplas een kade worden aangelegd met een hoogte ruim hoger dan 8,8 m. +NAP. Dit komt overeen met het vroegere maaiveld dat destijds ca. 9,3 m. +NAP bedroeg.

Bodemopbouw en maaiveldhoogte rondom de poelen:

Volgens de vergunning is in gebiedsdeel D (zie Figuur 10) alleen 40 cm van de voedselrijke bouwvoor afgegraven van het voorheen aanwezige regulier bemeste grasland. Hieronder bevindt zich de voedselarme gebufferde leemlaag. Door het afschrappen van de vermeste zandige bovengrond tot aan de schrale leemlaag zijn hier gunstige omstandigheden aanwezig voor aanleg van zwak gebufferde Boomkikkerpoelen.



Figuur 4. Tek 96.009, zoals opgenomen in de vergunning 409427, van de provincie Noord-Brabant

Figuur 10: Gebiedsaanduiding natuurontwikkelingsgebied en zandwinning zoals opgenomen in Provinciale ontgrondingsvergunning (Crombaghs, 2005)

In gebieden B2 en A was de leemlaag al verwijderd en het onderliggende zand gewonnen. Volgens de nieuwe vergunning moest dit gebied worden aangevuld met schone zandgrond (in milieutechnische zin). In de praktijk is gebleken dat dit grond uit zeer veel bestemmingen was, waar regelmatig puin in is aangetroffen. Hierbij is aangegeven dat de ophoging van de bodem aan de zuidwestzijde beperkt mocht blijven tot 8,3 m. +NAP. De consequenties van deze beslissing zijn zichtbaar aan de lagere maaiveldhoogten en natte bodems rondom de Boomkikkerpoelen aan de zuidwestzijde van de plas.

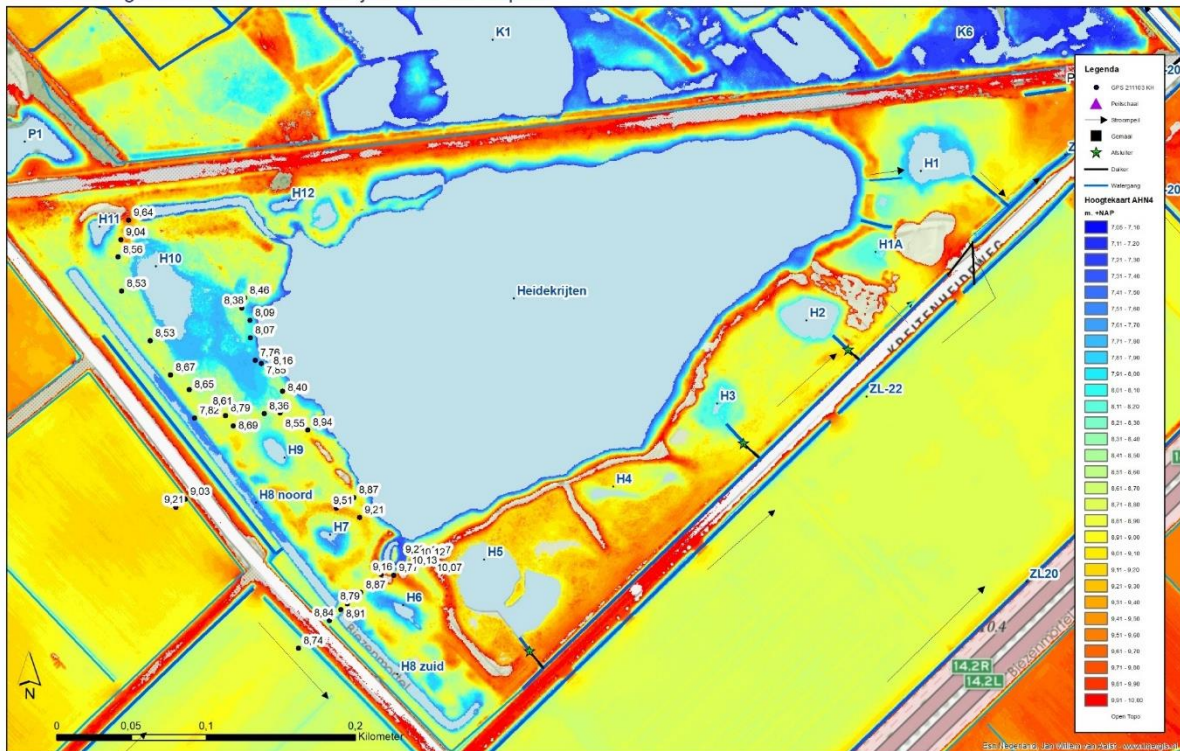
2.5.2 Risico op verspreiding van vis naar de poelen door contact met inundatiewater van de Heidekreitenplas

In Figuur 11 is de AHN4 maaiveldhoogte van de gronden rondom de Heidekreitenplas aangegeven. In Figuur 12 zijn de gronden lager dan het maximaal waterpeil van de plas aangegeven met een blauwe kleur. Op de figuren is te zien dat de gronden rondom poelen H2 t/m H5 hoger liggen dan 8,8 m. of met een kade zijn beschermd.

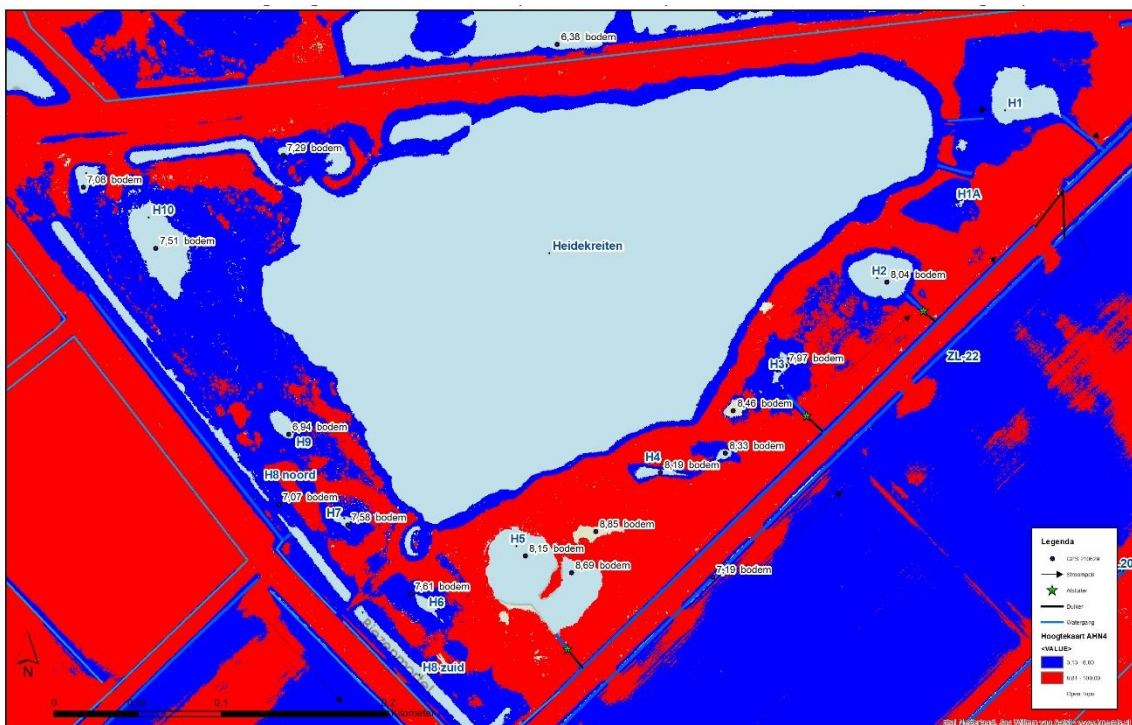
Het zuidwestelijke deel het Boomkikergebied is minder ver opgehoogd, dan het zuidelijk-oostelijke deel. De maaiveldhoogte rondom Boomkikkerpoel H6 is slechts enige centimeters hoger dan 8,8 m. Bij een geringe peilstijging van de Heidekreitenplas boven het maximumpeil van 8,8 m. kan water vanuit de Heidekreitenplas in deze poel doordringen. Poel H6 ontvangt ook water uit een doodlopende greppel die in het westen van het deelgebied ligt. Het water stroomt via de brede sloot (H8) tussen de weg en het poelengebied. De dam in deze sloot is erg laag (8,84 m. +NAP), waardoor er bij peilen hoger dan 8,80 m. +NAP al snel water overheen stroomt.

De bodemhoogte rondom poelen H7 t/m H12 varieert van 8,4 tot 8,8 m. +NAP. Bij deze bodemhoogte staat het grootste deel van de zuidwestoever bij het vastgestelde maximum Heidekreitenpeil onder water en kan vis de

poelen bereiken. Aanhouden van dit streefpeil is dus in conflict met de doelstelling van de Boomkikkerpoelen H6 t/m H12.



Figuur 11: Maaiveldhoogte van de bodem rondom de Heidekreitenplas



Figuur 12: Blauw: gebied rondom Heidekreiten lager dan het maximaal peil van de Heidekreitenplas van 8,8 m. +NAP (blauw); rood: hoger dan dit peil + ingemeten bodemhoogte poelen.

Poel H10 heeft bij plaspeilen hoger dan 7,75 m. +NAP een open verbinding met de Heidekreitenplas. Dit is een groot deel van het jaar het geval.

Om de ongewenste inundatie van de zuidwestelijke oever te voorkomen is de beheerder voornemens om een kade aan te leggen om in ieder geval poelen H7 en H9 te beschermen tegen instromend plaswater. Om inundatie van H6 te voorkomen wil de beheerder brede sloten H8 noord en H8 zuid dempen (mond. med. Theo Quekel). In hoofdstuk 8 (Synthese en kansen) wordt nader ingegaan op ecologische consequenties hiervan.

2.5.3 Risico op onvoldoende droogval van poelen H2, H3 en H5 ten behoeve van droogval

In het ontwerp van Natuurbalans is destijds voorzien in het incidenteel droogleggen van alle poelen in de zomer om de eventuele vis in de poelen te kunnen verwijderen. De drooglegging zou via de bermsloot van de Kreitenheideweg en brede sloot H8 verlopen. In de huidige situatie zijn alleen bij poelen H2, H3 en H5 stuwen en duikers aanwezig om de poelen op deze manier droog te leggen.

In het Herinrichtingsplan zou de noordelijke bermsloot van de Kreitenheideweg worden uitgediept tot 6,95 m. +NAP. De bodemhoogte van de poelen zou variëren tussen 7,3 tot 7,5 m. +NAP. De poelen zouden met een verbindingssloot en duiker worden verbonden met de bermsloot, waardoor de poelen indien nodig kunnen worden drooggezet. Met behulp van een eenvoudige stuw kunnen de poelen desgewenst worden ontwaterd (zie Foto 9 - rechts).



Foto 9: Links: zicht op poelen H2 (voorgrond), H3 en Heidekreitenplas. Rechts: afsluiter in poel H3

Het systeem van het droogleggen van de poelen H2, H3 en H5 werkt echter in de praktijk niet, om de onderstaande redenen:

- De stuw en duiker in poel H2 is kapot en verwijderd. De duiker is dichtgemaakt.
- De stuw in poel H3 heeft een BOD (Binnen onderkant duiker) van 8,22 m. +NAP, hetgeen 20 cm hoger is dan de bodemhoogte van deze poel (8,00 m. +NAP). Hierdoor kan de poel niet volledig worden drooggezet. De duiker is dichtgemaakt om lekkage via de duiker te voorkomen.
- De stuw en duiker in poel H5 heeft een binnenonderkant van 8,35 m. +NAP, hetgeen lager is dan het ondiepe zuidelijk deel van de poel (bodemhoogte 8,50 m. +NAP), maar 35 cm hoger dan de bodem van het diepe noordelijke deel van poel H5 (8,00 m. +NAP). Hierdoor kan het noordelijke deel van de poel niet worden drooggelegd.

- De bodemhoogte van de afwateringsloot (noordelijke bermsloot van de Kreitenheideweg) is met een hoogte van 8,35 naar het noordoosten aflopend naar 8,25 m. +NAP te hoog om de poelen met een bodemhoogte van 8,00 m. +NAP droog te leggen.
- De hoogte van de PVC duiker met een diameter van 320 mm tussen de bermsloot en de A-watgang bedraagt aan de benedenstroomse kant 7,93 m. +NAP. Het bovenstroomse deel lag vol zand en kon niet worden ingemeten.

2.5.4 Ingemeten bodemhoogte en waterpeilen van de poelen

Het is opvallend dat de bodems van de zuidoostelijke poelen H1 t/m H5 met een bodemhoogte variërend van 8,00 tot 8,50 m. +NAP aanzienlijk hoger zijn dan in het Herinrichtingsplan omschreven. Dat is eigenlijk gunstig, omdat deze poelen in de praktijk aanzienlijk hogere waterpeilen hebben dan de Heidekreitenplas, waardoor ze in droge zomers zelden of niet droogvallen. Op dit aspect wordt nader ingegaan in hoofdstuk 5 (Water).

2.5.5 Beheer en vegetatie

De gronden rondom de poelen zijn omrasterd en worden begraasd met paarden. De vegetatie is over het algemeen matig voedselrijk en bloemrijk. Aan de lage vochtige oostzijde rondom poel H9 vallen de orchideeën op. De watervegetatie wordt veelal gedomineerd door watercrassula. In de droogvallende zone zijn ook soorten van zwak tot matig gebufferd water aanwezig, zoals grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus*) en schild-ereprijs (*Veronica scutellata*). In de zuidhoek is de watervegetatie soortenrijker. Zo is watercrassula deels teruggedrongen door moerashertshooi (*Hypericum elodes*) op de oevers van poel H6 en H7, en door teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) in de diepere delen van poel H5.

2.6 Boomkikkerpoelen noordwestzijde

Aan de noordwestzijde van het gebied zijn meer recent een groot aantal boomkikkerpoelen aangelegd. Poelen P1 t/m P4 waren onderdeel van plan LONDO en verschijnen vanaf 1999 op de topografische kaarten (zie Bijlage 15). Deze ca. 25 jaar oude poelen worden omgeven door wilgenstruwelen (zie Foto 10 - links).

In dezelfde periode zijn de bezonde poelen P6 t/m P11 aangelegd (zie Foto 10 - rechts). Deze poelen hebben in de droge jaren 2017-2020 langdurig drooggestaan en zijn daarom eind 2020 uitgediept.



Foto 10: Links – poel P1 omgeven door wilgen en elzenbos. Rechts – poelen P6 en P8 in open grasland begraasd door paarden.

Bodemopbouw:

In het noordwestelijke gebied is leem gewonnen. Hierna is de bodem opgehoogd met zand en vervolgens als grasland in gebruik genomen. Door de hogere maaiveldhoogte en het ontbreken van de leemlaag is de bodem droger dan in de meeste poelen rondom de Heidekreiten, waar de leemlaag in een deel van het gebied nog intact is gebleven. De gronden zijn in regulier agrarisch gebruik geweest en daarom voedselrijk. De meststoffen zijn door de relatief lage grondwaterstand en goede doorlatendheid van het opgebrachte zand diep in het profiel doorgedrongen.

Vegetatie en beheer:

Door het ontbreken van een aaneengesloten leemlaag in de bodem is de fluctuatie van de waterpeilen groot. De poelen vallen hierdoor regelmatig droog, maar deze droogval draagt ook bij aan het vrij voedselarme karakter van de poelen. Vooral de poelen in niet te voedselrijk grasland kennen een vrij soortenrijke watervegetatie van matig gebufferd water, met onder andere grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus*), naaldwaterbies (*Eleocharis acicularis*) en haaksterrenkroos (*Callitriche brutia*).

3 Methode

In ons onderzoek hebben wij op basis van het verkennende veldonderzoek een selectie van 23 (delen) van poelen geselecteerd, die naar onze mening representatief zijn voor de verschillende ventypen en eco-hydrologische processen die de kwaliteit hiervan bepalen. De ligging van de poelen is weergegeven in Bijlage 1. Uiteraard zijn de twee grote zandwinplassen Brabantse hoek en Heidekreitenplas opgenomen in de selectie. Van deze 23 (delen) wateren zijn er 10 geselecteerd die in meer detail zijn onderzocht.

3.1 Waterkwantiteit

De bestaande en nieuwe tijdelijke meetpunten die in het kader van dit onderzoek zijn gebruikt zijn weergegeven in Bijlage 2.

Bestaande peilbuizen met filter onder de slecht doorlatende leemlaag:

In het centrum van de Leemkuilen bevindt zich een peilbuis van het Waterschap de Dommel met een filter onder de slecht doorlatende leemlaag: B45C1081 (meetreeks van 2010 – 2022).

Aan de noordwestzijde van de Leemkuilen bevindt zich een peilbuis met 6 filters waaronder filters in het Bostel zand en een filter in de formatie van Sterksel: B45C0390 (meetreeks 1997-2019).

Daarnaast bevinden zich aan de noord- en noordoostkant nog twee peilbuizen met filter onder de leemlaag: B45C1031 en B45C1032 (beide buizen: meetreeks 2007-2019).

Bestaande meetbuis oppervlaktewaterpeil Brabantse hoek:

Het oppervlaktewaterpeil van de grote plas Brabantse Hoek gemeten wordt met een automatisch meetpunt gemeten: P45C0034 (meetreeks 2015-2022). Dit meetpunt functioneerde in de zomer niet door de extreme lage waterstand.

Er is geen automatisch meetpunt in de plas Heidekreiten.

Waterpeilen oppervlaktewateren:

Om een indruk te krijgen van de fluctuatie van de verschillende oude leemkuilen, nieuwe leemkuilen, grote plassen en Boompoeien zijn de waterpeilen van deze wateren op de volgende data met behulp van een 3 cm nauwkeurige gps gemeten:

- 16 maart 2021
- 29 juni 2021
- 3 november 2021
- 3 maart 2022

Door de extreem droge jaren 2017-2020 waren de gemeten peilen aan het eind van de winter in maart 2021 nog erg laag en niet representatief voor een einde-winter situatie. In overleg met de Provincie Noord-Brabant zijn daarom op 3 maart 2022 opnieuw peilmetingen verricht, die een meer representatief beeld gaven van de einde-wintersituatie. De wintermaanden waren nog niet erg nat, maar de laatste week van februari was dusdanig nat, dat deze meting wel als representatief kan worden beschouwd voor de einde-wintersituatie.

De meteorologische omstandigheden waren in de zomer en najaar 2021 weer enigszins normaal, waardoor de peilmeting van 3 november representatief kan worden gehouden voor de einde-zomerpeilen in de putten en grote waterplassen.

Wegzijing vanuit de plassen en kuilen:

Om een indruk te krijgen van de grootte van de wegzijing van water door de (leem)bodem van de verschillende oude en nieuwe Leemkuilen en poelen is een vergelijking gemaakt van de fluctuaties van waterstanden in de verschillende poelen en vennen. Streven was om een waterbalans te maken, maar op basis van de metingen van waterstanden is dat niet mogelijk gebleken. In de periode tussen twee meetronden is er veelal waterafvoer geweest via greppels of maaiveld (omvang onbekend); het vanggebied van de kleinere poelen en vennen is niet bekend en meting van de stijghoogte ondiepe en diepe pakketten zijn te fragmentarisch. Wel kan op basis van de verschillen in fluctuatie van waterstanden enkele indicaties voor waterstroming en drainerende of infiltrerende werking worden beschreven.

3.2 Water- en bodemkwaliteit

De locaties van de meetpunten oppervlaktewaterkwaliteit zijn weergegeven in Bijlage 4.

Om een goed beeld te krijgen van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater werd in twee meetronden de waterkwaliteit gemeten: in de wintersituatie (maart 2021) en aan het begin van de zomer (eind juni- begin juli¹). Omdat de variatie tussen de poelen naar verwachting groot is, werden achttien verschillende wateren (ondiepe poelen) bemonsterd (zie Tabel 2). Tevens werden vier sloten in het projectgebied bemonsterd, om de waterkwaliteit hiervan in kaart te brengen, als ook in de twee diepe plassen op verschillende diepten.

In de twee diepe plassen (Brabantshoek, Heidekreiten) was een spronglaag (thermocline) aanwezig in de zomer. Om inzicht te krijgen op de aanvoer van voedingsstoffen en bufferstoffen uit de diepe delen van het water, werd naast een bemonstering aan de oever, in de waterplassen daarom ook in de zomer en winter een bemonstering vanuit de boot uitgevoerd waarbij op twee (winter) of drie (zomer) diepten (epilimnion, hypolimnion en in de zomer ook de spronglaag) van de plas een watermonster werd genomen.

Behalve een beeld van het oppervlaktewater was ook een beeld van de grondwaterkwaliteit gewenst. In het gebied is 1 peilbuis met 6 filterdiepten aanwezig (B45C0390) en één peilbuis met een filter onder de leemlaag (B45C1081) in het gebied met leemkuilen ten westen van de Heusdense baan. Twee filters die zijn aangebracht in de formatie van Sterksel uit eerstgenoemde peilbuis werden eenmaal bemonsterd in juni omdat de kwaliteit van dit diepe grondwater vrij constant is. Daarnaast verwachtten we in de winter ook op enkele plekken toestroom van lokaal grondwater naar sommige wateren, of naar drainerende watergangen. Dit oppervlakkige grondwater werd op 9 verschillende locaties in de winterperiode in maart verzameld middels het plaatsen van ceramische cups in een boorgat op diepte van maximaal 100 cm onder maaiveld (zie Tabel 3).

¹ Hydrologisch gezien ligt september meer voor de hand, alleen zijn dan mogelijk al te veel wateren drooggevalen. De zomersituatie kon daarom onzes inziens kwalitatief even goed in juli worden gemeten.

Tabel 2: Overzicht van het type genomen monster en monstermomenten per locatie. OW = oppervlaktewater, BV = bodemvocht. Des = destructie, os = organische stof.

Code locatie	Type waterpartij	Type monster	Winter	Zomer
H1	Poel Heidekreiten	OW	x	x
H2	Poel Heidekreiten	OW	x	x
H4	Poel Heidekreiten	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
H5	Poel Heidekreiten	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
H9	Poel Heidekreiten	OW	x	x
K1	Leemput jong	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
K2	Leemput jong	OW	x	x
K3	Leemput jong	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV (slib)	x	
K4	Leemput oud	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV (slib)	x	
K5	Leemput oud	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV (slib)	x	
K6	Leemput jong	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV (slib)	x	
K8	Leemput oud	OW	x	x
K9	Leemput oud	OW	x	x
K10	Leemput jong	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV (slib)	x	
K12	Leemput oud	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV (slib)	x	
K13	Leemput oud	OW	x	x
P1	Poel (oud)	OW	x	x
P3	Poel (oud)	OW	x	x
ZL-20	Sloot	OW	x	x
ZL-22	Sloot	OW	x	x
ZL-23.0	Sloot	OW	x	x
ZL-xx	Sloot	OW	x	x
12A	Plas Heidekreiten	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV	x	
12B	Plas Heidekreiten	Bodem (des, os)	x	
		BV	x	
12C	Plas Heidekreiten	Bodem (des, os)	x	
		BV	x	
18A	Plas Brabantsehoek	Bodem (des, os)	x	
		BV	x	
18B	Plas Brabantsehoek	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV	x	
18C	Plas Brabantsehoek	Bodem (des, os)	x	
		BV	x	
19	Plas Brabantsehoek	OW	x	x
		Bodem (des, os)	x	
		BV	x	

Tabel 3: Overzicht van het type genomen monster en monsternomenten per locatie. OG = oppervlakkig grondwater, GW = grondwater. Des = destructie, os = organische stof, zout = zoutextractie en olsP = olen=P extractie.

Code locatie	Type water	Type monster	Winter	Zomer
PB1	Peilbuis grondwater	GW	x	x
PB2	Peilbuis grondwater	GW	x	x
PB3	Peilbuis grondwater	GW	x	x
PB4	Peilbuis grondwater	GW	x	x
B45C0390-2	Peilbuis diep grondwater	GW		x
B45C0390-3	Peilbuis diep grondwater	GW		x
og1	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
og2	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
og3	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
og4	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
og5	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
og6	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
og7	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
og8	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
Landbodem1	n.v.t.	Bodem (des, os, zout, olsP)	x	
	Oppervlakkig grondwater	OG	x	
Landbodem2	n.v.t.	Bodem (des, os, zout, olsP)	x	
Landbodem3	n.v.t.	Bodem (des, os, zout, olsP)	x	
Landbodem4	n.v.t.	Bodem (des, os, zout, olsP)	x	

Een mogelijke factor in de achterblijvende ontwikkeling van venvegetaties is de ontwikkeling van een sliblaag, met name door inwaaiend blad. In negen poelen werd de waterbodem bemonsterd met behulp van een zuigerboor. Indien aanwezig werd de sliblaag afzonderlijk bemonsterd van de vaste minerale waterbodem (vaak lemige bodem). Dit was het geval in vijf van de negen bemonsterde poelen. Uit het slib werd bodemvocht gezogen (met behulp van een rhizon) en werd het gloeiverlies en de totale samenstelling bepaald middels een extractie met sterk zuur (destructie-analyse; zie paragraaf 3.3 voor een specificatie van de analysemethoden). Uit deze gegevens kan worden afgeleid in hoeverre de waterbodem fungeert als een bron van voedingsstoffen voor de waterlaag. Ook werd de totale samenstelling van de minerale waterbodem op dezelfde wijze geanalyseerd, met name om te kunnen inschatten in hoeverre deze in staat is fosfaat uit de waterlaag te binden. Dit zal met name afhankelijk zijn van de leemfractie.

En tenslotte werden monsters verzameld van de bodem op twee locaties in de graslanden aan de zuid- en westzijde van de Heidekrijten, die een mogelijk negatieve invloed op de wateren kunnen hebben. In twee graslandenpercelen werden ook bodemonsters genomen om de mogelijke natuurlimiet op die locaties in kaart te brengen. Op deze vier locaties werd de bodem bemonsterd op drie diepten. Van deze monsters werd het gloeiverlies (maat voor organische stof), de totale samenstelling, de concentratie plantbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) en de labiel gebonden (zout-extraheerbare) concentraties bepaald (zie paragraaf 3.3 voor een specificatie van de analysemethoden). Afgraven van de bouwvoor in deze graslanden of mogelijk een deel van de grond onder de bouwvoor, voor zover hier fosfaat in is gelekt wordt als mogelijke maatregel overwogen.

Tijdens de veldbezoeken werd ook gelet op de vegetatie in de wateren (juni 2021) en eventueel aanwezige paddenstoelen (mycoflora) in het bos op de oeverzones (najaar 2021). In het beheerplan wordt melding gemaakt van een bijzondere mycoflora, dit kan een van de elementen zijn waarmee rekening moet worden gehouden bij het ontwerpen van maatregelen. Met name smalle bosstroken tussen twee wateren kennen een grote bladafvoer naar het water waardoor de bodem schraal blijft en bijzondere mycorrhiza-paddenstoelen aanwezig kunnen zijn. Aanwezige waterplanten werden per waterlichaam gedetermineerd tot op soortsniveau. De abundantie en talrijkheid van soorten werd weergegeven met behulp van de Tansley-schaal. Om een indruk

te krijgen van de mycoflora werd het grootste deel van de walletjes tussen de oude leemkuilen afgelopen op 30 juli en 14 oktober 2021. Alle grond bewonende soorten werden genoteerd, behoudens enkele soorten die niet op naam gebracht konden worden. Per soort werden de vruchtlichamen geteld per traject (totaal 25 trajecten).

3.3 Analysemethoden

3.3.1 Bewerking van de bodemmonsters

Drooggewicht en organisch stofgehalte

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

Destructie

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

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l^{-1} natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie

Met een zoutextractie kunnen de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l^{-1} NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

3.3.2 Bemonstering oppervlakte-, grondwater en bodemvocht/poriewater

Oppervlaktewatermonsters werden 10 cm onder het wateroppervlak verzameld of in de diepe plassen met een Rüttner watersampler en luchtdicht afgesloten in HDPE potten. Voor het bemonsteren van grondwater uit peilbuizen werd de grondwaterbuis leeggepompt waarna vers toestromend grondwater werd verzameld in luchtdicht afgesloten HDPE potten. Oppervlakkig grondwater werd anaeroob verzameld met ceramische cups en bodemvocht met rhizon bodemvochtbemonsteraars (Eijkelkamp Agrisearch Equipment) waaraan een vacuüm getrokken 60 ml injectiespuit werd verbonden.

Standaardmetingen oppervlakte-, grondwater en bodemvocht/poriewater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC: CO₂ en HCO₃) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met 0,01 mol l⁻¹ zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De monsters voor de auto-analyzer werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP-OES werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)

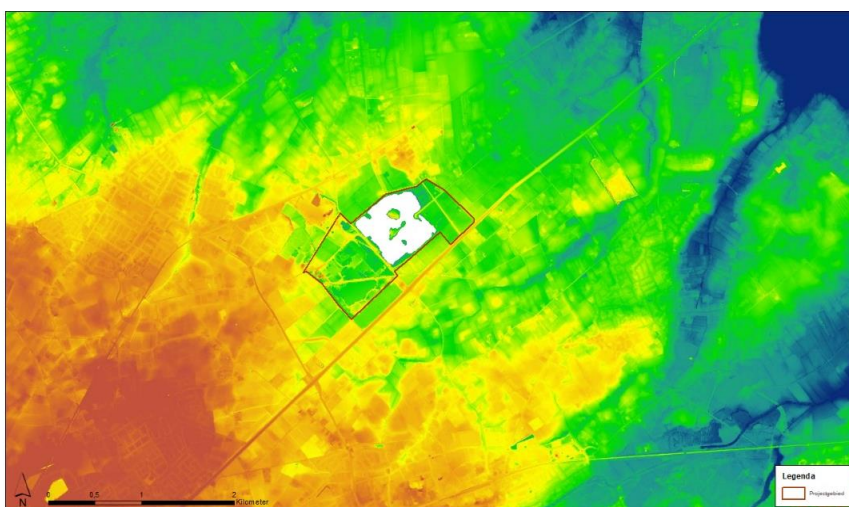
De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺) en fosfaat (PO₄³⁻) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl⁻) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na⁺) en kalium (K⁺) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

4 Bodem

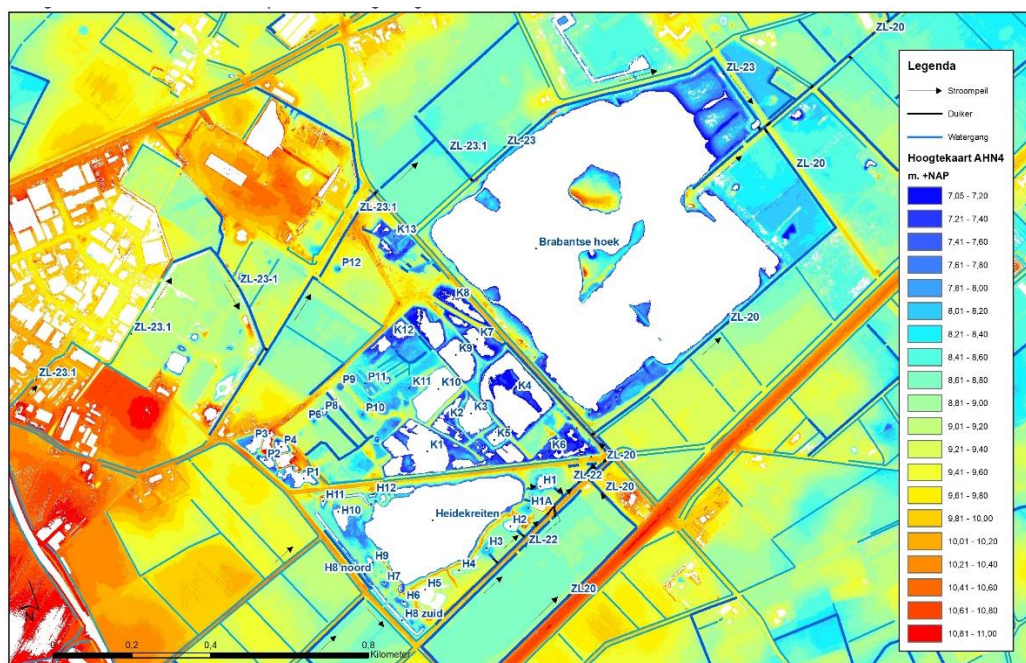
4.1 Hoogteligging en geomorfologie

Hoogteligging:

De hoogtekarte van de omgeving van de Leemkuilen is weergegeven in Figuur 13. Op deze figuur is te zien dat het onderzoeksgebied zich bevindt op de overgang van de hooggelegen gronden rondom Tilburg naar laagten in de omgeving van Vught. Aan de zuidoostzijde van de leemkuilen zijn de beekdalen van de Raamse loop en Ruysbossche loop.



Figuur 13: Hoogtekarte omgeving van de Leemkuilen (bron: AHN3)

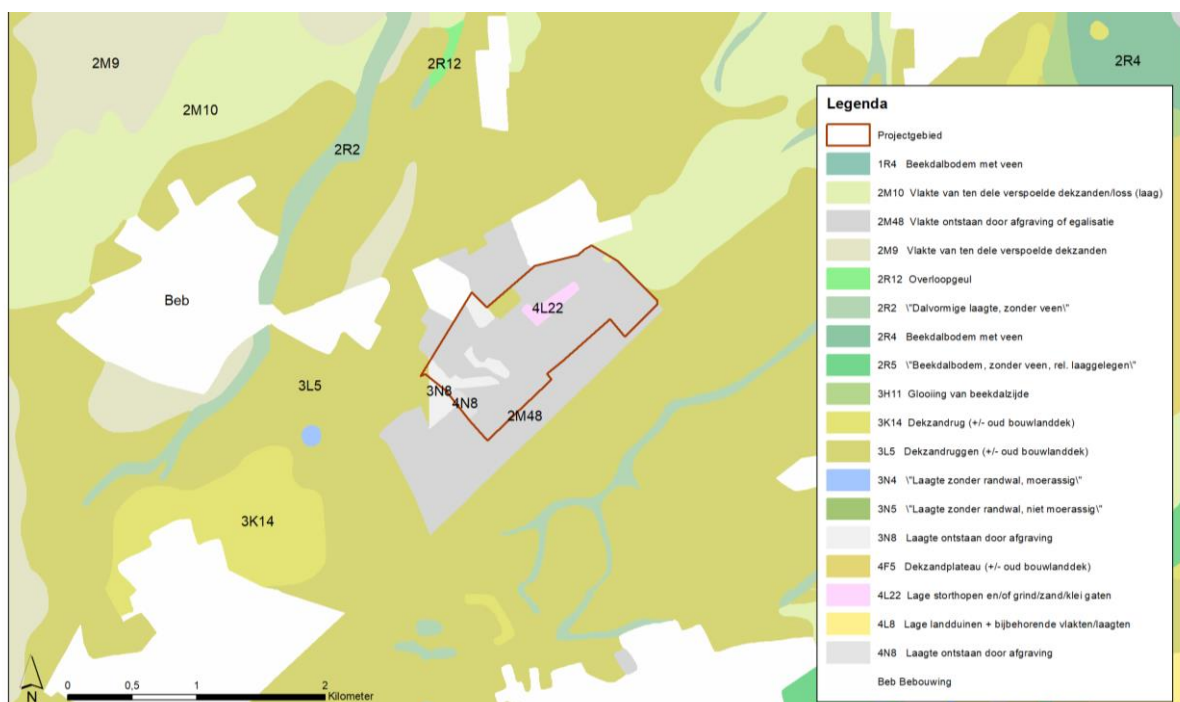


Figuur 14: Hoogtekarte natuurgebied de Leemkuilen. De delen met open water zijn wit aangegeven (bron: AHN4)

De ingezoomde hoogtekaart van de Leemkuilen is weergegeven in Figuur 14. Op deze figuur is te zien dat de maaiveldhoogte van de niet afgegraven delen van de Leemkuilen een maaiveldhoogte hebben van ca. 9 m. +NAP en de plaatsen waar leem is gewonnen een maaiveldhoogte hebben van ca. 7 m. +NAP of nog enige decimeters dieper.

Geomorfologie:

De geomorfologische kaart van de omgeving van de Leemkuilen is weergegeven in Figuur 15. Op de kaart is te zien dat de Leemkuilen worden omgeven door een uitgestrekt gebied met dekzandruggen (3L5). Aan de zuidwestzijde van de Leemkuilen bevindt zich een hoge dekzandrug waarop het dorp Berkel-Enschot is gebouwd. Ten noordoosten van de Leemkuilen bevindt zich een wat lager gelegen vlakte met ten dele verspoelde dekzanden (2M10). Deze laagte is ter hoogte van de Leemkuilen en in de graslanden ten zuiden en zuidoosten hiervan afgegraven ten behoeve van de leemwinning (2M48, 3N8 en 4N8).



Figuur 15: Geomorfologische kaart van Nederland (Wageningen Environmental Research, 2019).

4.2 Bodemopbouw en geohydrologische schematisatie

In Bijlage 5 is de geo-hydrologische schematisatie van bodemopbouw van de Leemputten weergegeven. De dwarsdoorsnede is uitgetekend in de stromingsrichting van het regionale grondwater van ZW naar NO (zie raai A-A' rechtsonder in Bijlage 5). De stroomrichting van het grondwater is aangegeven met donkerblauwe stroompijlen. In het kader van dit onderzoek zijn op vier locaties bodemboringen uitgevoerd tot ca. 4 m. onder maaiveld met als doel de bodemopbouw vast te stellen en de stijghoogte van het grondwater onder de eerste slecht doorlatende leemlaag te meten. De boorstaten zijn opgenomen in Bijlage 20.

Deklaag:

Bovenin de afzetting van de formatie van Boxtel bevindt zich een ca. 1 meter dikke laag dekzand, die is afgezet op de ondiepe Brabantse leem. Deze zandlaag is in de Leemkuilen veelal afgegraven en opzij gezet ten behoeve van de leemwinning. De bovenkant van deze zandlaag bevond zich in de Leemkuilen op ongeveer 9.0 tot 10 m.

+NAP. De dekzandlaag varieert van leemarm tot sterk lemig zand in boring 2, 3 en 4. In boring 1 is alleen kleiige leem waargenomen. De aanwezige wallen rondom de leemputten kunnen een dikte van enkele meters hebben, en bevatten leemarm tot lemig zand.

Eerste slecht doorlatende laag:

Vanaf een diepte van circa 1 meter bestaat de bodem uit een afwisseling van lagen leem, zandige leem en sterk lemig zand en veen (Formatie van Bortel, laagpakket van Liempde). Deze kleiige leemlaag is beter bekend onder de naam *Brabantse leem*. Deze benaming zal in de rest van het rapport vaker worden gebruikt. In de oude Leemkuilen is het lemige deel van de Brabantse leem afgegraven tot een diepte van ca. 6,0 - 7,0 m. +NAP ofwel 2 tot 4 meter onder het vroegere maaiveld. Bij het plaatsen van peilbuizen B1 aan de zuidzijde van Heidekreiten en B4 aan de oostzijde van de Heidekreiten was op een diepte van 6,5 m. +NAP de onderkant van de Brabantse leem nog niet bereikt (zie Foto 11). De dikte van eerste slecht doorlatende laag bedroeg daarom in de Leemputten minimaal 3 tot 5 m in de oorspronkelijke situatie zonder afgraving.

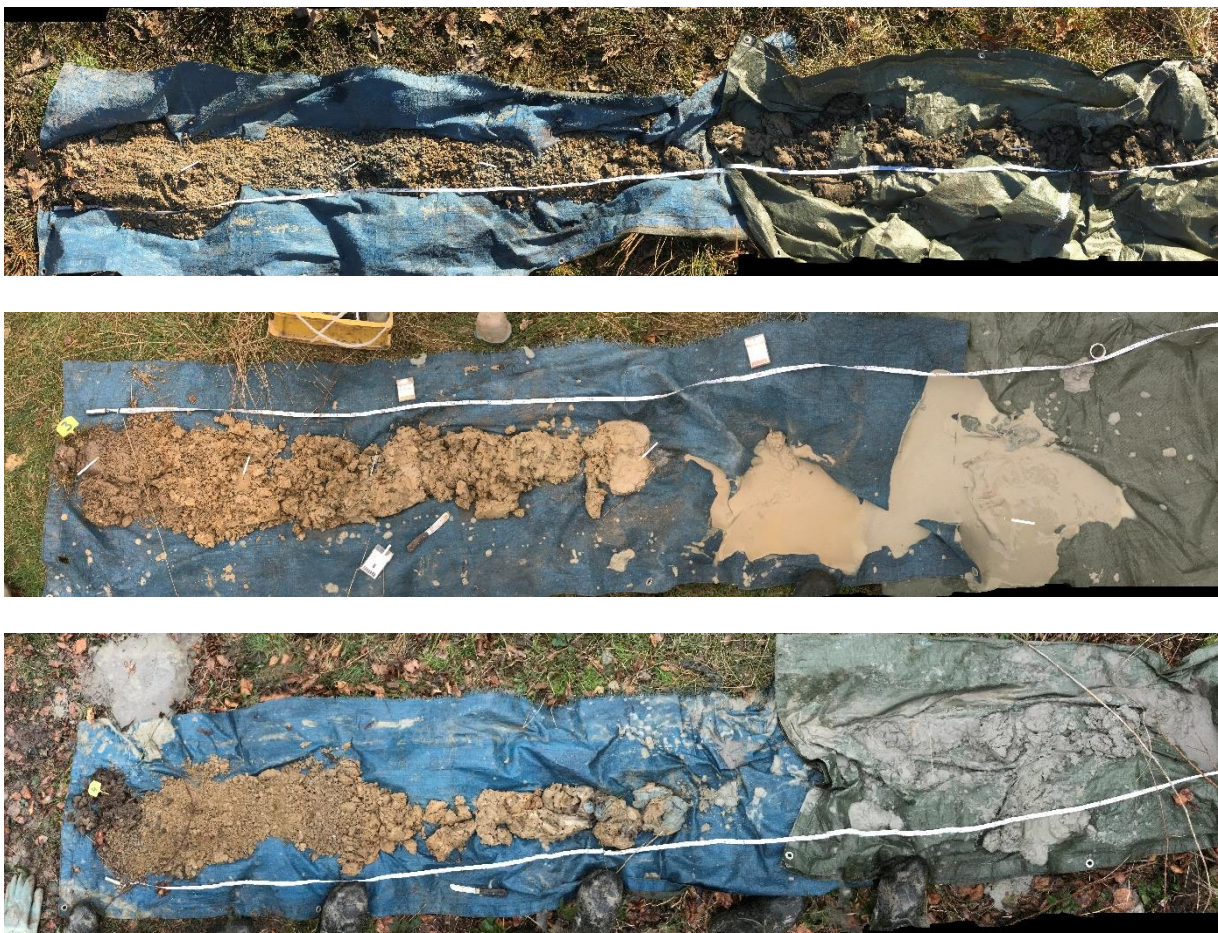


Foto 11: Bodemopbouw ter hoogte van nieuw geplaatste peilbuizen PB1 (boven), PB3 (midden) en PB4 (onder)

Eerste watervoerende pakket:

Het onderste deel van de formatie van Bortel bestaat uit goed doorlatend zand en heeft een dikte van ca. 8 m. Dit zandpakket sluit aan op het onderliggende grove en goed doorlatende zanden van de formaties van Sterksel en Stramproy. Het eerste watervoerende pakket heeft ter hoogte van de Leemkuilen een totale dikte van ca. 50 m. De formatie van Sterksel is ontstaan door rivierafzettingen van de Rijn en Maas gedurende het Pleistoceen en bestaat uit grindhoudend matig grof tot grof zand. Binnen de formatie van Sterksel ligt ter hoogte van de Leemkuilen een dunne leemhoudende/kleiige laag. Deze laag is relatief dun en niet goed aaneengesloten. Hierdoor is de weerstand van de laag niet groot.

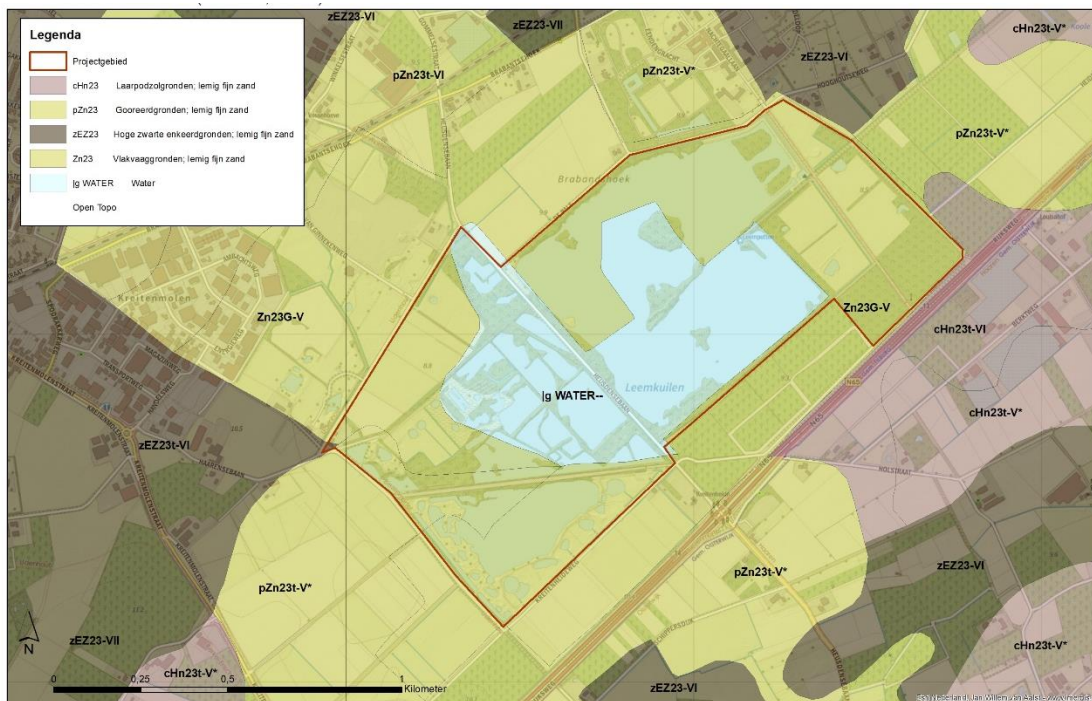
Tweede slecht doorlatende laag

Vanaf een diepte van ca. -60 m. +NAP bevindt zich een ca. 10 m. dikke slecht doorlatende kleilaag van de formatie van Waalre.

Onder de Waalre klei bevindt zich een afwisseling van dikke zandlagen behorende tot de formaties van Peize-Waalre en Maassluis met hierin een aantal relatief dunne slecht doorlatende kleilagen.

4.3 Bodemvorming

De bodemkaart (1:50.000) is weergegeven in Figuur 16. Op de kaart is te zien dat in de relatief laag gelegen vlakte met ten dele verspoelde dekzanden op leem onder invloed van kwel en wegzijging met name Gooreerdgronden zijn gevormd. In de jaren '80 van de vorige eeuw is hier een grondwatertrap V en V* gekarteerd.



Figuur 16: Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000 (Stichting voor Bodemkartering, 1985); de t in de bodemcode betekent dat een leemlaag van minstens 40 cm dikte aanwezig is.

Tabel 4: Indeling grondwatertrappen

Grondwatertrap	GHG cm -mv	GLG cm -mv
I	< 20	<50
II	< 25	50-80
II*	25-40	50-80
III	< 25	80-120
III*	25-40	80-120
IV	>40	80-120
V	< 25	> 120
V*	25-40	> 120
VI	40-80	> 120
VII	>80	> 120
VIII	>140	> 160

De relatief ondiepe winterse grondwaterstanden (GHG<40 cm of zelfs <25 cm -maaiveld), behorende bij deze grondwatertrap, is het effect van de ondiep onder maaiveld aanwezige slecht doorlatende leemlagen. Hierdoor kan regenwater langdurig stagneren. In de zomer heeft dit als effect dat het grondwater diep kan wegzakken, veelal dieper dan 120 cm onder maaiveld. Het dunne zandpakket op de leem “valt dan droog”.. De gemiddelde seizoen fluctuatie van de grondwaterstanden is meer dan 1 meter. Een relatief grote daling van zomergrondwaterstanden komt vaker voor bij leemgronden i.v.m. de geringe bodemberging (en tevens door het ontbreken van kwel of laterale toestroom van grondwater).

Waar in de vorige eeuw leem is gewonnen is de bodem vergraven. Na het verwijderen van de leem is op veel plaatsen zand teruggelegd. Hierin heeft vrijwel geen nieuwe bodenvorming opgetreden. Deze gronden zijn op de bodemkaart aangegeven als Vlakvaaggronden met grondwatertrap V.

Op de detailbodemkaart (1:25.000) van het landinrichtingsproject De Leijen-west is de bodem rondom Leemkuilen gekarteerd in 1992 als (sterk) lemige gooreerdgronden met grondwatertrap Vb of V* en overwegend een GLG op 120-180 cm-maaiveld, uitzondering is ten noorden van Leemkuilen overwegend een GLG dieper dan 180 cm-maaiveld waargenomen (bron bodemdata.nl).

4.4 Bodemchemie

De chemische samenstelling van de bodem is onderzocht voor een aantal bodems. Het gaat om metingen op 4 locaties. Twee daarvan zijn metingen in de bodem rondom Heidekreiten, waarvan niet duidelijk is in welke mate deze geroerd is. De twee andere locaties betreffen metingen in twee recent verworven agrarische percelen aan de noordzijde van het gebied. De resultaten van de bodemchemische analyses worden getoond in Tabel 5.

Tabel 5: Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende diepten (in cm onder maaiveld). OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties ($\mu\text{mol/l}$), BV = indicatieve basenverzadiging, M3/M5/M8/M12 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300/500/800/1200 μmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l) t.b.v. terrestrische natuurontwikkeling. Let op: voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld. De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO ₃ -z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<20	<1	<50	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	21-50	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>300	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschralling II

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	M5	M8	M12
1	0-10	zand	2	21	1,4	368	3,5	0,11	147	11	66	11	35	5	431	5444	1352	1230	4,3	87	1	58	120	1	0	0	0
	10-25	zand	1	18	1,4	135	1,4	0,09	101	7	36	9	20	2	178	5365	524	916	4,4	93	0	56	29	0	0	0	0
	25-50	zand	4	26	1,2	321	4,7	0,07	185	23	78	13	42	14	90	11834	625	1844	4,5	96	1	11	48	2	0	0	0
2	0-10	leem	2	16	1,7	1263	12,0	0,11	424	24	262	33	95	1	223	13876	710	2625	4,5	96	1	32	70	28	23	14	2
	10-30	leem	2	12	1,4	1193	15,9	0,08	447	29	295	31	134	1	2097	8098	619	1159	4,1	73	4	43	51	74	58	33	0
	30-50	leem	1	11	1,4	1146	10,8	0,11	353	15	219	29	79	1	1999	6278	768	924	4,1	70	1	12	63	49	38	20	0
3	0-20	Lemig zand, bv	5	22	1,3	1915	15,5	0,12	269	25	179	17	68	7	29	12719	355	8417	5,0	99	5	39	66	78	71	56	36
	20-30	Lemig zand, bv	3	17	1,5	1531	17,4	0,09	349	31	259	22	91	6	19	16478	214	13654	5,3	100	2	95	47	44	37	26	12
	30-50	Zandig, lemig	1	14	1,7	985	11,2	0,09	386	21	277	24	116	1	4	15410	361	13456	5,4	100	1	20	24	49	35	13	0
4	0-20	Lemig zand, bv	5	25	1,4	2512	19,0	0,13	225	33	138	17	55	10	23	13140	3892	8767	5,7	99	17	226	326	100	95	81	62
	20-50	Lemig zand, bv	3	17	1,4	1681	17,8	0,09	261	33	152	16	58	6	16	11997	626	7111	5,6	100	5	226	69	137	117	87	48
	50-70	Zandig, lemig	2	16	1,6	1250	14,0	0,09	285	34	200	21	67	7	4	12381	2808	5656	5,8	100	2	103	112	66	52	31	3

4.4.1 Bodem rondom poelen en plas Heidekreiten

Door de vergraving van met name de noordzijde van deze gronden is de bodemchemische samenstelling naar verwachting zeer wisselend. Om toch enig inzicht te krijgen in de bodemsamenstelling, is deze op twee locaties gemeten (locatie 1 en 2; zie Figuur 17). Het gaat om locaties waar vermoedelijk alleen de toplaag van 40 cm is verwijderd, en daarna wellicht nog enige oppervlakkige bodemroering of aanvulling met bodem van elders heeft plaatsgevonden. De bodemsamenstelling is in diverse opzichten van belang. Deze bepaalt in belangrijke mate de waterkwaliteit in de Heidekreiten, maar ook in poeltjes die op de aangebrachte bodem zijn aangelegd. Ook de ontwikkeling van de terrestrische delen wordt uiteraard in grote mate bepaald door de aangebrachte bodem.



Figuur 17: Locaties en bemonsterde diepte bodemchemie Heidekreiten

De twee gemeten profielen in de aangevulde bodem rondom Heidekreiten laten al een deel van de grote variatie in samenstelling zien.

Locatie 1:

Op locatie 1 is sprake van een zandbodem in de bovenste 50 cm, terwijl locatie 2 geheel uit leem bestaat. De bodem op locatie 1 is vrij arm aan fosfaat (toplaag totaal-P: 3,5 mmol/l en Olsen-P: 368 $\mu\text{mol/l}$). Tevens is de labiele P-concentratie (P-zout) laag ($\leq 1 \mu\text{mol/l}$) alsmede de nitraatconcentratie ($\leq 60 \mu\text{mol/l}$). De toplaag van de bodem had verder een matige buffering (Ca-t: 11 mmol/l, Ca-z: $\pm 5.400 \mu\text{mol/l}$). De bodem is op 25-50 cm mv meer gebufferd (Ca-t: 23 mmol/l, Ca-z: $\pm 11.800 \mu\text{mol/l}$). Deze bodem is in principe geschikt als waterbodem voor tamelijk voedselarme, zwak tot matig gebufferde wateren. Vanuit terrestrisch perspectief is de bodem geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland of een kleine zeggenvegetatie, afhankelijk van de hydrologie. Op de locatie was een afwisseling van ruigtekruiden met een lage, open vegetatie aanwezig (zie Foto 12).



Foto 12: Links - overzicht van bodemlocatie 1; Rechts - toplaag bodemlocatie 2.

Locatie 2:

Ondanks dat locatie 2 niet ver verwijderd ligt van locatie 1, betrof het hier een lemige bodem (Al-t ca. 400 mmol/l) en is de chemie dan ook verschillend. De bodem is verrijkt met fosfaat (toplaag totaal-P: 12 mmol/l en Olsen-P: 1263 $\mu\text{mol/l}$). De bodem is verder ijzerrijk (Fe-t toplaag 262 mmol/l) en (matig) gebufferd (toplaag Ca-t: 24 mmol/l, Ca-z: $\pm 13.900 \mu\text{mol/l}$). Door het verhoogde fosfaatgehalte, zal er waarschijnlijk wat nalevering van fosfaat optreden richting de hier gelegen poel en plas Heidekreiten. Het hoge calciumgehalte kan zorgen voor een aanzienlijke buffering. Ondiepe poelen die op een dergelijke bodem worden aangelegd, zullen nog sterker met vermesting door fosfaat te maken krijgen, omdat wortelende water- en oeverplanten het fosfaat rechtstreeks uit de bodem kunnen opnemen. Dergelijke poelen zullen dan ook een tamelijk voedselrijk karakter krijgen en niet geschikt zijn voor karakteristieke soorten van zwak gebufferde (voedselarme) wateren. Vanuit terrestrisch perspectief is de toplaag alleen in combinatie met langdurig verschrallingsbeheer (ca. 50 jaar maaien en afvoeren) geschikt voor de ontwikkeling van een (van voedselrijker) blauwgrasland of kleine zeggenvegetatie, onder de juiste hydrologische omstandigheden. Zonder extra verschrallingsbeheer zijn de condities geschikt voor een soortenrijk kruidenrijk grasland (o.a. P-zout en nitraatconcentraties zijn relatief laag).

De twee metingen geven een beperkte indruk van de variatie aan bodemtypen die aanwezig is, mede doordat de locaties in de zone liggen die het minst vergraven is. Meer richting de plas is een brede strook volledig afgegraven en daarna weer aangevuld met grond van elders. De plas Heidekreiten ontvangt waarschijnlijk zowel fosfaat als buffering uit de omringende grond, maar door de grote ruimtelijke variatie en het zeer beperkt aantal metingen is niet te zeggen in welke mate dit het geval is. Aan de westzijde is grond gebruikt die afkomstig was uit het rivierengebied, en die dus waarschijnlijk sterk gebufferd was (Inberg, et al., 2009). Het is duidelijk dat de kansen voor de ontwikkeling van een plas met voedselarm, zwak gebufferd water door het aanbrengen van de grondpartijen aanzienlijk zijn afgenomen.

De poeltjes die boven op de aangebrachte grond zijn aangelegd, hebben ook te maken met deze variatie in bodemsoorten. Door hun kleine afmetingen kan de mate van nalevering van bufferstoffen en fosfaat per poel sterk verschillen. Dit betekent dat hooguit een deel van de poelen geschikt zal zijn voor waterplanten van zwak gebufferde wateren. Dit wordt in de paragraaf oppervlaktewateren verder uitgewerkt.

4.4.2 Graslandpercelen noordzijde

Voor de graslandpercelen (locatie 3 en 4) is het doel het omvormen naar vochtig hooiland (streefconcentratie plantbeschikbaar/Olsen-P: 300-800/900 $\mu\text{mol/l}$). De huidige natuurwaarden zijn gering, de percelen zijn tot op heden in agrarisch gebruik geweest en in 2021 is nog drijfmest uitgereden en was de drainage nog niet aangepakt. De locaties van de bemonsterde bodemprofielen is weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18: Locaties en bemonsteringsdiepte bodemchemie graslanden noordwest

In Tabel 5 zijn de bodemchemie en indicatieve verschralingstermijnen op basis van maaien en afvoeren weergegeven voor deze bodems. Voor een verschralingstermijn o.b.v. uitmijnen dienen de termijnen van maaien en afvoeren te worden gedeeld door 4.

Locatie 3: ambitie vochtig hooiland

De zandige bouwvoor is als gevolg van het agrarisch gebruik verrijkt met fosfaat (totaal-P: 15,5-17,4 mmol/l) en kennen daardoor een grote fractie plant beschikbaar fosfaat (Olsen-P: 1915-1531 $\mu\text{mol/l}$; Foto 13 - links). De bouwvoor is hiermee veel te rijk aan fosfaat voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Onder de bouwvoor is de lemige zandlaag (30-50 cm-mv) matig verrijkt met fosfaat (totaal-P: 11,2 mmol/l en Olsen-P: 985 $\mu\text{mol/l}$) en ijzerrijk (Fe-t: 277 mmol/l). Na afgraven van 30 cm (de bouwvoor) is de zandige bodem geschikt voor de ontwikkeling van kruidenrijk grasland of in combinatie met 10-35 jaar maaien en afvoeren voor een blauwgrasland of (matig gebufferd) vochtig hooiland (Ca-t: 21 mmol/l, Ca-z: $\pm 15.400 \mu\text{mol/l}$).

Locatie 4: ambitie vochtig hooiland

De bouwvoor (50 cm dik) op locatie 4 is als gevolg van het agrarisch gebruik sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P: 19-17,8 mmol/l) en er is veel plant beschikbaar fosfaat aanwezig (Olsen-P: 2512-1681 $\mu\text{mol/l}$; Foto 13 - rechts). Ook is de P-zout concentratie verhoogd (17 $\mu\text{mol/l}$) en is de bodem matig nitraatrijk (226 $\mu\text{mol/l}$). Locatie 4 is hiermee voedselrijker dan locatie 3. De bouwvoor is te rijk aan fosfaat voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland. Onder de bouwvoor is ook de lemige zandlaag (50-70 cm-mv) matig verrijkt met fosfaat (totaal-P: 14 mmol/l en Olsen-P: 1250 $\mu\text{mol/l}$), maar tevens vrij ijzerrijk (Fe-t: 152 mmol/l). Na afgraven van 50 cm (de bouwvoor) is de zandige bodem geschikt voor de ontwikkeling van kruidenrijk grasland of in combinatie met ca. 30-50 jaar maaien en afvoeren voor een blauwgrasland of vochtig hooiland (Ca-t: 34 mmol/l, Ca-z: $\pm 12.800 \mu\text{mol/l}$).



Foto 13: Links - bodemprofiel van locatie 3; Rechts - bodemprofiel van locatie 4.

De verworven graslandpercelen laten twee sterk uiteenlopende bodemprofielen zien (zie Foto 13). De reden hiervoor is dat de bodem hier bestaat op opgebrachte zandgrond na afgraven van de onderliggende leem. Ook is duidelijk dat de bovengrond tot op 30-50 cm diep door bemesting te sterk verrijkt is met fosfaat. Onder vochtige, voedselrijke condities is de kans op verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling dan groot. Het is niet waarschijnlijk dat het vernatten van het perceel zal leiden tot een sterke aanvoer van kwelwater, dat zou kunnen zorgen voor vastlegging van fosfaat aan ijzer en daarmee de realisatie van vochtig hooiland op deze fosfaatrijke bodem. Voor het bereiken van het doel vochtig hooiland, moet daarom rekening worden gehouden met of een zeer lange verschralingsduur, en/of het afgraven van ongeveer 30 cm bouwvoor. De botanische doelstelling kan ook vrij beperkt blijven, bijvoorbeeld een tamelijk soortenarm vochtig hooiland. Hierbij past een hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat van 1200 micromol/liter, wat correspondeert met een geschatte verschralingsduur van 36-62 jaar (zie Tabel 5; kolom M12).

Het is meer realistisch om het natuurdoel aan te passen tot een vrij soortenarm Kruiden- en faunarijke grasland, wanneer de bodem niet wordt afgegraven, of een meer soortenrijk kruiden en faunarijke grasland wanneer de bodem 30-50 cm diep wordt afgegraven. Dit heeft tevens tot voordeel dat de bodem vochtiger wordt dan nu het geval is.

5 Waterkwantiteit

5.1 Grondwatersystemen

De bodemvorming en ecohydrologische processen in de Leemkuilen worden vooral gestuurd door de volgende grondwatersystemen:

- Lokale Brabantse leem-systeem (boven de leemlaag)
- Ondiepe regionale grondwatersysteem ofwel onderkant Boxtel/Sterksel-systeem (in leemkuilen het zand onder de Brabantse leem)

De processen worden in mindere mate gestuurd door de diepe grondwatersystemen die de watervoerende zandpakketten onder de Waalre klei doorstromen:

- Diepe regionale grondwatersystemen (watersystemen onder de Waalre klei)

De stromingsrichting van de belangrijkste sturende grondwatersystemen (lokale Brabantse leem-systeem en ondiepe regionale systeem) zijn met blauwe stroompijlen schematisch geschetst in de dwarsdoorsnede door de ondergrond (zie Bijlage 5). De 2 grondwatersystemen worden hieronder kort toegelicht.

5.1.1 Lokale Brabantse leem-systeem

Regenwater dat in het gebied, in- en rondom de Leemkuilen met Brabantse leem, in de bodem infiltreert, stagneert op de slecht doorlatende Brabantse leem. Onderscheid wordt gemaakt in gebiedsdelen waar leem of een zandlaag is afgegraven en waar geen afgraving heeft plaatsgevonden (=nu grotendeels buiten het Natura2000 gebied). In de Leemkuilen varieert de diepte waarop is afgegraven van enkele meters tot circa 10-15 meter diepte, ook dat onderscheid bepaald de kenmerken van het lokale (grond-)watersysteem.

Vóór de ontginning van de Leemkuilen stagneerde dit regenwater in de winter in de ca. 0,5 – 1,5 m. dikke dekzandlaag bovenop de Brabantse leem. In de lage delen van het golvende dekzandlandschap stroomde dit regenwater deels over maaiveld via de hier aanwezige vlakke met ten dele verspoelde dekzanden en geulvormige laagten in noordoostelijke richting naar het Helvoirts Broek in de omgeving van Helvoirt en daarna in noordelijke richting de Vugtse Gement (huidige polders ten noorden Drongelenskanaal). Sinds de ontginning van het gebied ten behoeve van de landbouw wordt het regenwater afgevoerd door een stelsel van vele sloten, de waterlopen (= Awatergangen) en gemalen. Aan de west en zuidzijde van de Leemkuilen wordt het water afgevoerd door de ZL 20 en ZL-22 (Bijlage 7). Aan de noordzijde door de A-watergang ZL23. Ten zuidoosten van het Natura2000 gebied is de afwatering via ZL25 en ZL27, deze waterlopen liggen ten zuiden van de N65 (zie Bijlage 1).

Het water in de oude leemkuilen, nieuwe leemkuilen, poelen H3 t/m H7 en de noordwestelijke poelen wordt vooral beïnvloed door stagnatie van relatief zuur regenwater op de goed gebufferde Brabantse leem (zie resultaten waterkwaliteit in paragraaf 6.3).

In de oude en nieuwe leemkuilen en noordwestelijke poelen is het meest lemige en slecht doorlatende deel van de Brabantse leem afgegraven ten behoeve van de baksteenindustrie. Hierdoor bestaat de bodem van de

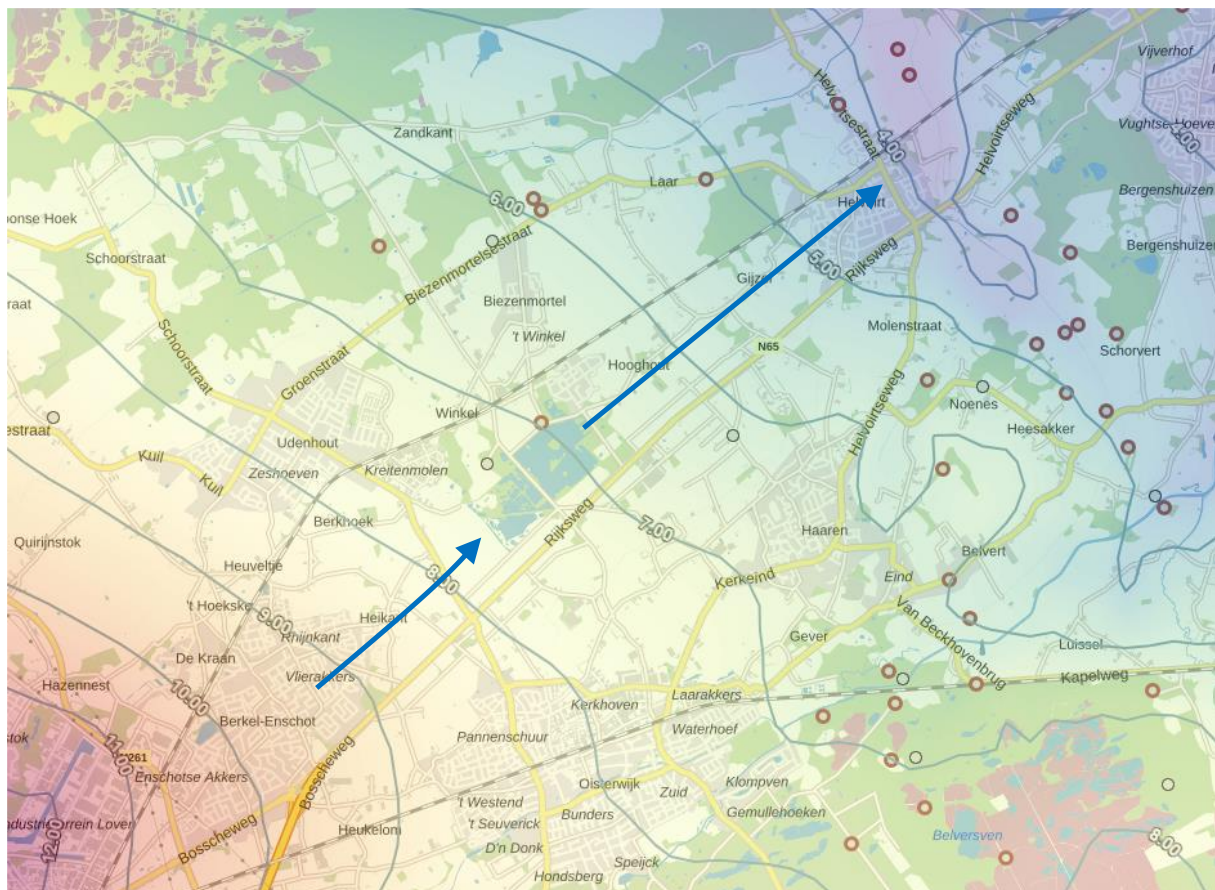
leemkuilen en poelen uit zandige leem, die toch nog behoorlijk slecht doorlatend is, getuige het feit dat deze wateren in de droge jaren 2017-2020 veelal niet of maar beperkt zijn drooggefallen. In de nieuwe leemkuilen is eveneens het meest lemige deel van de Brabantse leem afgegraven, maar deze kuilen zijn deels opgevuld met zand. Hierdoor zijn met name in kuilen K1 en K2 de lokale lage zandruggen in de kuilen drooggefallen.

Bij poelen aan de zuid- en westzijde van de Heidekreiten (H3 t/m H9) is de Brabantse leem voor het grootste deel niet afgegraven. Dit wordt bevestigd door boring 1, waar een dikke intacte grijze leemlaag is aangetroffen. Dit is mogelijk wel het geval in een ca. 10-20 m. brede strook langs de oever van de zandwinplas, waar de zandwinplas destijds te groot was afgegraven en opnieuw moest worden gevuld met zand. De grens van het gebied waar de Brabantse leem is afgegraven en vervangen door lemig zand, leem of zavel (uit riviergebied) is globaal aangegeven in Figuur 6. Deze grens is echter niet in het veld uit gekarteerd. De zeer hoge waterpeilen van met name poelen H4, H5, H6 en H7 bevestigen het vermoeden dat de oorspronkelijke dikke laag Brabantse leem onder deze poelen grotendeels intact is gebleven (zie paragraaf 5.2).

5.1.2 Ondiepe regionale grondwatersysteem

Regenwater wordt vooral afgevoerd via sloten. Regenwater dat niet via de sloten wordt afgevoerd, infiltreert in de bodem in de omgeving van de Leemkuilen waar leemlagen in de bodem ontbreken. Vervolgens stroomt het geïnfiltreerde regenwater via de onderzijde van het Bortel zand en aansluitende zand van het eerste watervoerende pakket (Sterksel zand) in noordoostelijke richting de lagere gronden rondom Helvoirt. De stromingsrichting van het ondiepe regionale grondwatersysteem kan worden afgeleid van de isohypsenkaart van het grondwater in het Bortel zand met een filterdiepte tussen +5 m NAP en -18 m NAP (zie Figuur 19). De stromingsrichting van het grondwater is loodrecht op het isohypsenpatroon en aangegeven met blauwe stroompijlen. Op deze figuur is te zien dat het grondwater van het ondiepe regionale grondwatersysteem van zuidwest naar noordoost onder de Leemputten doorstroomt.

De diepe zandwinplassen Brabantse hoek en Heidekreiten zijn door de Brabantse leem heengegraven tot in de onderkant van het Bortel zand en mogelijk tot aan het Sterksel zand. Wanneer het waterpeil in de plassen lager is dan de stijghoogte van het grondwater van het eerste watervoerende pakket, worden zij in principe gevoed door kwelwater uit het regionale grondwatersysteem. Wanneer het waterpeil in de zandwinplassen hoger is dan de stijghoogte in van het regionale grondwatersysteem vindt er in principe wegzijging plaats vanuit de plassen naar het regionale grondwatersysteem. De hoeveelheid invoergegevens waarop het isohypsenpatroon is gebaseerd is te grof om conclusies te trekken m.b.t. de mogelijk ontwaterende invloed van Heidekreitenplas en Brabantse hoek op het ondiepe regionale grondwatersysteem.



Figuur 19: Isohypsenvoetpatroon van de gemiddelde stijghoogte in modellaag 2 (Bortel zanden met filterdiepte tussen +5 en -18 m NAP) in 2015 (model via grondwatertools.nl van de Geologische Dienst Nederland, TNO, 2022). De stromingsrichting van het regionale grondwatersysteem is met blauwe peilen aangegeven.

5.2 Grondwaterstanden

5.2.1 Beschikbare meetpunten

In de Leemkuilen zijn verschillende grondwatermeetpunten met langere reeksen aanwezig. De ligging van de gebruikte peilbuizen en automatische peilpijket in de Brabantse hoek is weergegeven in Bijlage 2. De technische gegevens van de bij het Dinoloket opgevraagde peilbuizen en peilpijket zijn weergegeven in Bijlage 3.

Aangezien er in het gebied geen peilbuizen aanwezig waren met een filter in het dunne zandpakket boven de Brabantse leem (lokale Brabantse-leemsysteem), zijn in het kader van dit project 4 nieuwe projectpeilbuizen aangebracht: PB1 t/m PB4. Alle vier projectpeilbuizen zijn geplaatst in locaties waar de Brabantse leem niet is vergraven en intact in de bodem is aangetroffen.

Ook zijn twee reeds bestaande peilbuizen in het gebied "herontdekt": PB5 en PB6. Hiervan zijn geen boorstaten beschikbaar. Op basis van de filterdiepte meten zij waarschijnlijk in het Bortel-zand onder de leemlaag (ondiepe regionale grondwatersysteem).

Tabel 6: Watersystemen in de Leemkuilen en beschikbare peilbuizen per watersysteem

Watersysteem	naam	filternr.	bovenkant filter m NAP	onderkant filter m NAP	formatie	locatie
Brabantse leem-systeem	PB1	1	7,37	6,37	BXz1	zuidoostzijde Heidekreiten ten zuiden van Boomkikkerpoel H4
Brabantse leem-systeem	PB2	1	7,66	6,66	BXz1	broekbos ten westen van nieuwe leemkuil K1
Brabantse leem-systeem	PB3	1	6,93	5,93	BXz1	grasland noordwestzijde ten noorden van poel P8
Brabantse leem-systeem	PB4	1	7,92	6,92	BXz1	zuidwestzijde Heidekrijten ten westen van boomkikkerpoel H10
Ondiepe regionale systeem	B45C1081	1	5,74	4,74	BXz3	broekbos ten westen van oude leemkuil K9
Ondiepe regionale systeem	B45C1031	1	6,92	5,92	BXz3	grasland ten westen Molenbaantje
Ondiepe regionale systeem	B45C1032	1	5,98	4,98	BXz3	grasland ten noorden van Brabantse hoek
Brabantse leem-systeem	PB5	1	4,50	3,50	BXz3	noordelijk wegberm bij Molenbaantje 10 (ten noordwesten van Leemputten)
Ondiepe regionale systeem	PB6	1				westelijke wegberm Heusdense baan ter hoogte van oude leemkuil K8
Ondiepe regionale systeem	B45C0390	1	2,53	1,53	BXz4	noordzijde grasland in wegberm Molenbaantje
Ondiepe regionale systeem	B45C0390	2	-10,47	-12,47	STz1	noordzijde grasland in wegberm Molenbaantje
Ondiepe regionale systeem	B45C0390	3	-44,47	-46,47	STz2	noordzijde grasland in wegberm Molenbaantje
Diep regionaal systeem	B45C0390	4	-94,47	-96,47	PZWAz3	noordzijde grasland in wegberm Molenbaantje
Diep regionaal systeem	B45C0390	5	-129,47	-131,47	PZWAz4	noordzijde grasland in wegberm Molenbaantje
Diep regionaal systeem	B45C0390	6	-170,47	-172,47	MSz4	noordzijde grasland in wegberm Molenbaantje

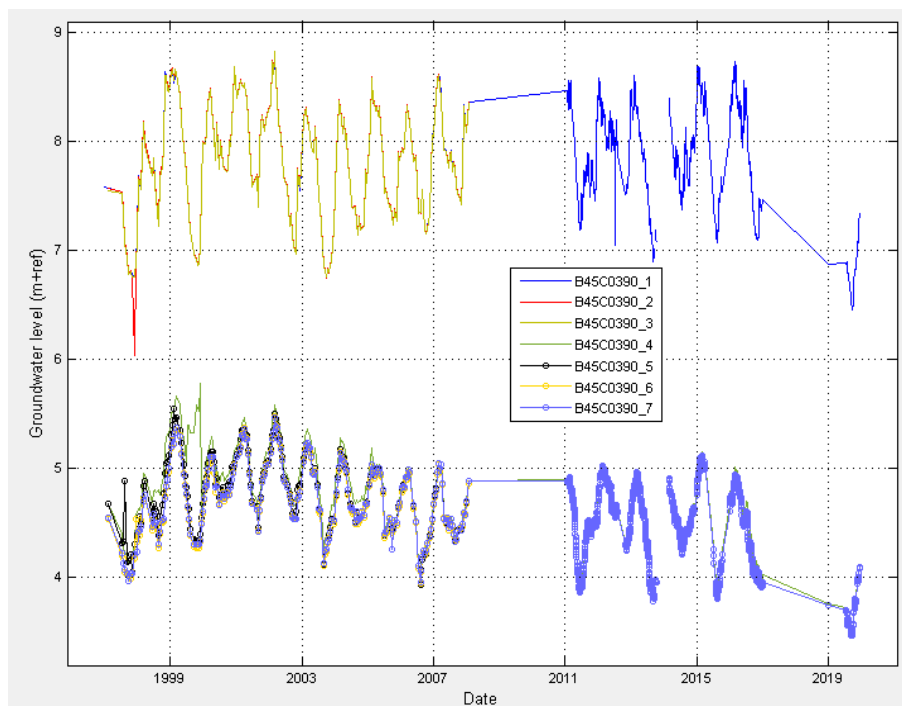
Er zijn twijfels over het functioneren van peilbuis B45C1081 in het broekbos ten westen van Oude leemkuil K9 vanaf het droge jaar 2018. Hier worden een extreem lage stijghoogte gemeten in het zand onder de Brabantse leem. Deze metingen moeten daarom met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. In de aanbevelingen bij dit rapport wordt daarom het Waterschap verzocht om deze belangrijke peilbuis te repareren (zie paragraaf 10).

De werking van de verschillende watersystemen en hun onderlinge interactie wordt in de onderstaande paragrafen toegelicht in de volgorde van diep naar ondiep.

5.2.2 Relatie diepe en ondiepe regionale grondwatersysteem

De aanwezigheid van meetpunt B45C0390 met 6 filters tot een diepte van 180 m. onder maaiveld biedt de mogelijkheid om een beeld te krijgen van de relatie tussen het ondiepe en diepe regionale grondwatersysteem (zie Figuur 20).

Filters 1 t/m 3 bevinden zich in het ondiepe regionale grondwatersysteem (eerste watervoerende pakket; onderkant Bostel-zand en Sterksel/Stramproy zand). Filters 4 t/m 7 bevinden zich in het diepe regionale grondwatersysteem in de zandpakketten onder de Waalre klei die zich op een diepte van -60 tot -70 m +NAP bevindt. In Figuur 20 is te zien dat de stijghoogte van het diepe regionale grondwatersysteem onder de Waalre klei ca. 3 m. lager is dan boven de Waalre klei. Dit opvallende stijghoogte of waterdrukverschil wijst er op dat de stijghoogte van het diepe regionale grondwatersysteem aanzienlijk lager is dan het ondiepe regionale grondwatersysteem. Deze lagere stijghoogte wordt onder andere veroorzaakt door grondwaterwinning. Er vindt hierdoor wegzijging plaats vanuit het ondiepe naar het diepe regionale systeem onder de Waalreklei-laag.



Figuur 20: Stijghoogte van het ondiepe en diepe regionale systeem in meetpunt B45C0390 bij het Molenbaantje aan de noordzijde van de (oude) Leemkuilen.

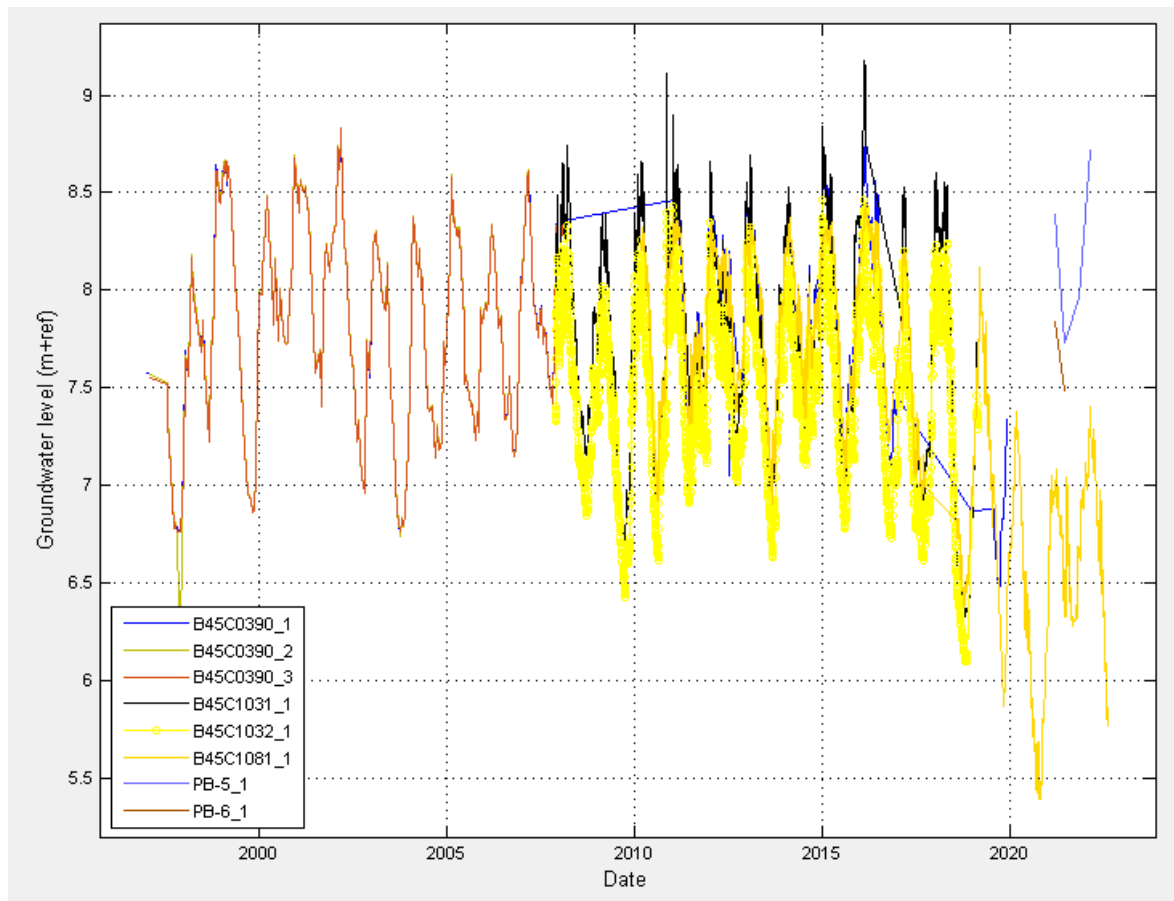
5.2.3 Het ondiepe regionale grondwatersysteem in de omgeving van de Leemputten

De stijghoogte van het ondiepe regionale grondwatersysteem wordt gemeten door alle peilbuizen in en rondom de Leemkuilen met een filter onder de Brabant klei en boven de Waalre klei (zie Figuur 21). Voor de ligging van de peilbuizen wordt verwezen naar Bijlage 2.

Op deze figuur is te zien dat het stijghoogteverloop van het grondwater van het ondiepe regionale systeem in de verschillende peilbuizen in en rondom de Leemkuilen min of meer identiek is. In de hydrologisch gezien vrij normale jaren 2005 t/m 2017 fluctueert de stijghoogte van het ondiepe regionale systeem aan de noordrand van de Leemkuilen bij peilbuis B45C0390-filter 1:

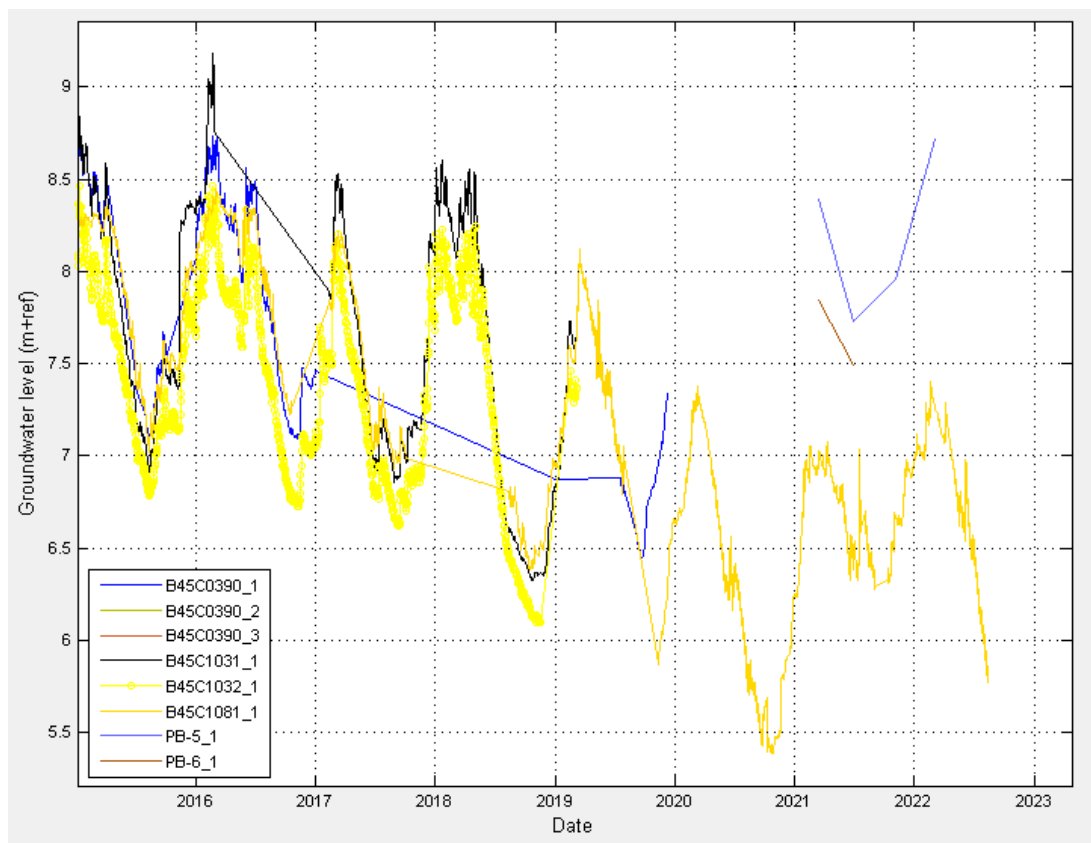
- GHG: 8,45 m. +NAP
- GLG: 7,25 m. +NAP
- Jaarlijkse gemiddelde fluctuatie: 1,2 m.

Er zijn van de extreem droge periode 2018-2022 slechts zeer weinig betrouwbare metingen beschikbaar (zie Figuur 22). In deze figuur is te zien dat in het droge meetjaar 2018 nog maar drie meetpunten actief waren: B45C1081, B45C1031 en B45C1032. Zij geven aan dat de stijghoogte als gevolg van dit droge jaar tot een drukhoogte van ca. 6,3 m. +NAP was gezakt: een volle meter lager dan het gemiddeld laagste drukhoogte van ca. 7,2 m. +NAP.

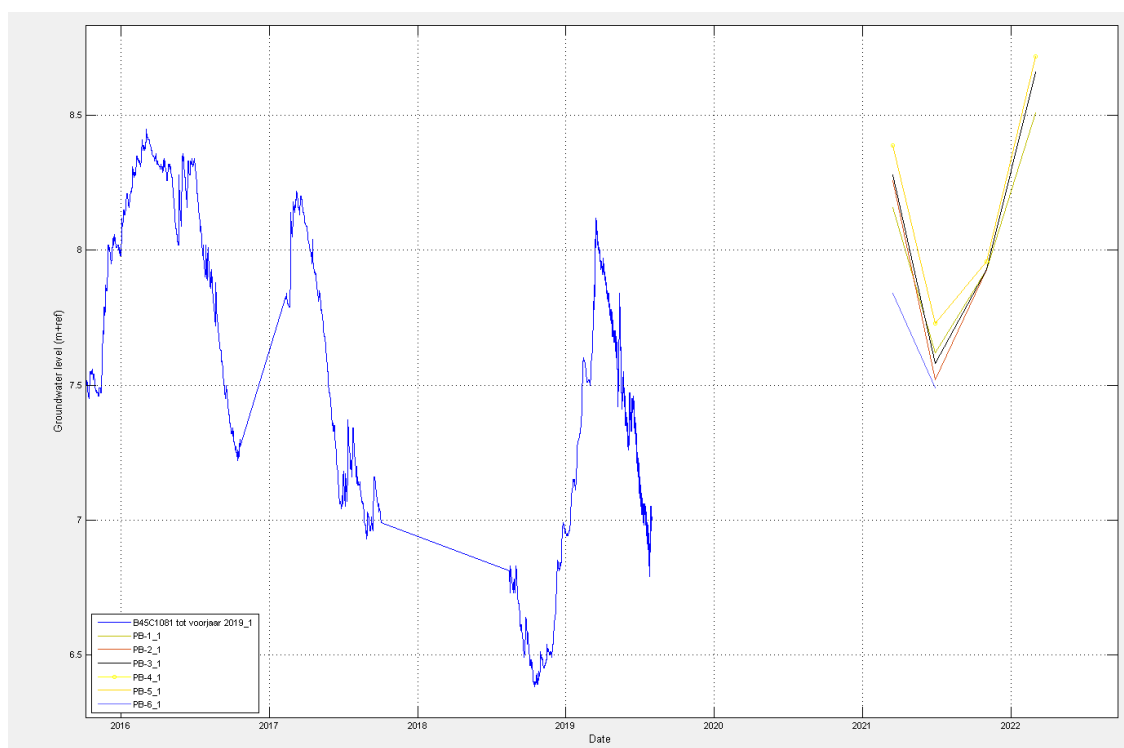


Figuur 21: Stijghoogte van het ondiepe regionale grondwatersysteem van bestaande peilbuizen en herontdekte peilbuizen PB-5 en PB-6 onder de Brabantse leem in en rondom de Leemkuilen (meting stijghoogte B45C1081 vanaf herfst 2019 niet betrouwbaar).

Vanaf maart 2019 wordt de stijghoogte alleen nog gemeten in meetpunt B45C1081 in het broekbos ten westen van oude leemkuil K9. Alleen in de tweede helft van 2019 wordt de stijghoogte enige maanden gemeten in het eerste filter van peilbuis B45C0390-1 in de wegberm van het Molenbaantje. Hier wordt echter een ca. 80 hogere stijghoogte gemeten. Ook in incidentele metingen van de stijghoogte van het ondiepe regionale systeem in “herontdekte peilbuizen” PB5 (Heusdense baan) en PB6 (Molenbaantje ten noordwesten van Leemputten) wordt een ca. 1 meter hogere stijghoogte gemeten. Deze metingen wijzen er op dat de meting van de stijghoogte in B45C1081 vanaf 2019 niet meer betrouwbaar is.



Figuur 22: Ingezoomde grafiek van de recente meetperiode 2015-2022 van de stijghoogte van het ondiepe regionale grondwatersysteem van bestaande peilbuizen en herontdekte peilbuizen onder de Brabantse leem in en rondom de Leemkuilen (meting stijghoogte B45C1081 vanaf herfst 2019 niet betrouwbaar)



Figuur 23: Peilverloop van de freatische grondwaterstand in het Brabantse leem-systeem (PB 1 t/m 4) en stijghoogte van het ondiepe regionale watersysteem (betrouwbare deel van de meetreeks van peilbuis B45C1081) + PB5 en PB6

5.2.4 Het ondiepe grondwatersysteem in Leemkuilen

In het kader van dit project zijn er 4 tijdelijke projectpeilbuizen aangebracht die op 4 momenten zijn gepeild: PB1 t/m PB4. Deze peilbuizen zijn voorzien van een metalen beschermkoker, maar niet voorzien van automatische peilmeter. Daarnaast zijn 2 oude peilbuizen herontdekt en meegenomen in de meetronden: PB5 en PB6. De gemeten peilen worden getoond in Figuur 23.

In de grafiek is te zien dat het peilverloop van peilbuizen in het lokale Brabantse leem systeem (PB1 t/m PB4) in de hele Leemputten een vrijwel identiek peilverloop toont.

Wanneer we dit peilverloop vergelijken met het stijghoogteverloop in het ondiepe regionale grondwatersysteem in de normale jaren 2017 en 2018 valt op dat de gemeten freatische grondwaterstand in de projectpeilbuizen PB1 t/m PB4 in de zomer van 2021 tot een vergelijkbaar peil van 7,5 m. +NAP is gedaald als de stijghoogte van het ondiepe regionale grondwater in de jaren voorafgaand aan het droge jaar 2018.

In de einde-winter situatie in maart 2022 zijn hogere peilen gemeten dan de stijghoogte van het ondiepe regionale grondwatersysteem (vergelijk met freatische grondwaterstand in PB1 t/m PB4 met stijghoogteverloop van peilbuis B45C1081 in de winter van 2016 en 2017). Het is tot slot opvallend dat de gemeten stijghoogte in peilbuizen PB5 en PB6 vrijwel identiek is aan de freatische grondwaterstand in het Brabantse leem-systeem.

Samengevat lijken de gemeten peilen er op te wijzen dat de freatische grondwaterstand van het lokale Brabantse-leem systeem in de zomer uitzakt tot de stijghoogte van het ondiepe regionale systeem. In de winter stijgt het freatische grondwater van het Brabantse leem-systeem enige decimeters boven de stijghoogte, ten gevolge van stagnatie van regenwater op de Brabantse leem.

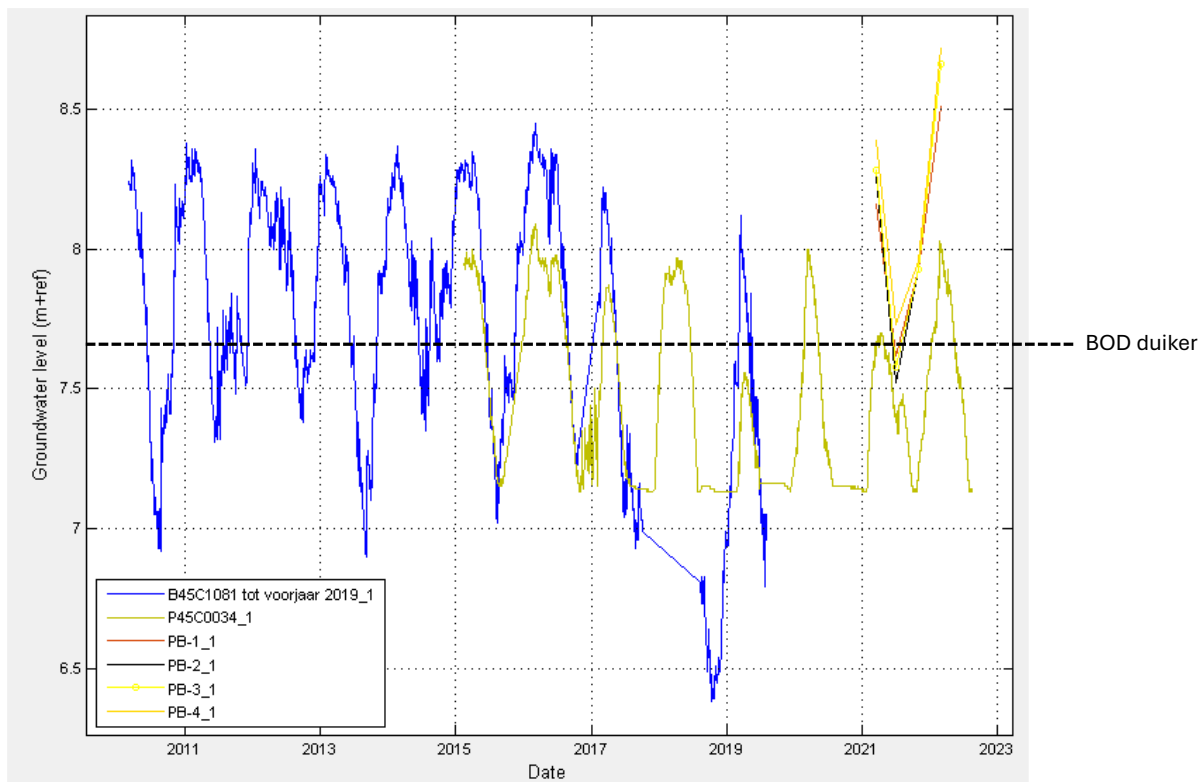
- GHG: 8,7 m. +NAP
- GLG: 7,2 m. +NAP
- Jaarlijkse gemiddelde fluctuatie: 1,5 m.

5.3 Oppervlaktewaterpeilen

5.3.1 Brabantse hoek

Automatische peilschaal P45C0034

Het peilverloop van de Brabantse hoek wordt door het Waterschap de Dommel gemeten met behulp van de automatische peilschaal P45C0034 aan de noordwesthoek van de plas (zie Bijlage 2). De relatie tussen het oppervlaktewaterpeil in de Brabantse hoek, het ondiepe regionale grondwater (gemeten door peilbuis B45C1081 in het centrum van de Leemkuilen) en het Brabantse leem-systeem (PB-1 t/m PB-4) wordt getoond in Figuur 24.



Figuur 24: Oppervlaktewaterpeil Brabantse hoek (P45C0034 - groene lijn) en stijghoogte ondiepe regionale grondwatersysteem bij peilbuis B45C1081 (blauwe lijn) en peilbuizen PB-1 t/m PB-4 in het Brabantse leem-systeem (overige dunne doorgetrokken lijnen). De zwarte stippellijn toont de hoogte van de binnen onderkant van de duiker aan de noordoostzijde van de plas (drempelhoogte van de Brabantse hoek) die de Brabantse hoek verbindt met A-watergang ZL-24

In de plas zijn in de hydrologisch normale jaren 2015-2017 de volgende min of meer representatieve peilen gemeten:

- Einde wintersituatie: 8,0 m. +NAP
- Einde zomersituatie: 7,2 m. +NAP
- Fluctuatie: 0,8 m.

Aan de noordoostzijde van de plas bevindt zich een PVC duiker in de kade van A-watergang ZL24 met een BOB van 7,65 m. +NAP, waardoor bij hoge oppervlaktewaterpeilen water forse hoeveelheden water uit de plas in de ZL-24 stroomt. Deze duiker vormt de drempelhoogte voor de uitstroming van de zandwinplas Brabantse Hoek.

- BOB duiker uitstroom: 7,65 m. +NAP

Wintersituatie:

In Figuur 24 is te zien dat de stijghoogte in het ondiepe regionale watersysteem (peilbuis B45C1081) in de wintermaanden hoger is dan het waterpeil in de zandwinplas Brabantse hoek en de zandwinplas Brabantse hoek dus in de winter wordt gevoed door grondwater uit het ondiepe regionale watersysteem.

Bij waterpeilen van de zandwinplas hoger dan 7,65 m. +NAP stroomt er water uit de plas naar A-watergang ZL-24. Dit is de meeste jaren wel enige maanden het geval. In de droge jaren 2017 t/m 2021 stroomde er in de winter nog wel wat water uit de Brabantse hoek, maar over een kortere periode dan in de eerdere normale jaren. In de winter van 2019 (en mogelijk ook in 2021) was het waterpeil van de Brabantse hoek zo laag dat er geen water uit de plas naar de ZL-20 stroomde.

Het stijgen van het waterpeil in Brabantse Hoek met 80-90 cm in de winters in 2018, 2020 en 2022 kan alleen plaatsvinden door een combinatie van regenwater en toestroming van grondwater. Alleen regenwater zou een stijging van 40 à 60 cm kunnen veroorzaken. In de winter van 2020-2021 is de stijging van het waterpeil ruim 40 cm en het neerslagoverschot circa 30 cm. Vanwege de steile oevers en grote wateroppervlakte is het zgn. “regenwater vanggebied” van deze waterplas nauwelijks groter dan de waterplas.

In de grafiek is te zien dat het Brabantse hoek peil in natte winters tot 40 cm boven de drempelhoogte van 7,65 m. +NAP kan uitstijgen. Het betrekkelijk hoge peilverschil wordt veroorzaakt door de relatief kleine diameter van deze PVC duiker van 0,2 m. De uitstroming is tijdens de peilronde van februari 2022 waargenomen; de hoeveelheid uitstromend water was aanzienlijk. De winterse afvoer stroming van grondwater vanuit het ondiepe regionale grondwatersysteem naar de ZL-24 zorgt voor een aanzienlijk waterverlies uit het ondiepe regionale grondwatersysteem. Vanuit de bredere wens om zoveel mogelijk grondwater in het Brabantse grondwater vast te houden is dit onwenselijk.

Zomersituatie:

Doordat de Brabantse hoek in direct contact staat met het ondiepe regionale grondwatersysteem, en er geen toestroom via een sloot plaatsvindt, zakt het oppervlaktewaterpeil in de zomer diep weg. Zoals te zien in de grafiek is de stijghoogte van het regionale grondwatersysteem in de zomer van 2018 ca. 1 m. onderuitgezakt. Doordat meetpunt P45C0034 te hoog op het talud is aangebracht, konden de lage zomerpeilen vanaf 2017 echter niet exact worden gemeten. Naar verwachting volgt het oppervlaktewaterpeil van Brabantse hoek in de zomer de stijghoogte van het ondiepe regionale grondwatersysteem (= 1^e watervoerend pakket).

Om het peilverloop van de Brabantse hoek in de toekomst ook in extreem droge zomers te kunnen volgen dient de automatische meetbuis te worden verplaatst naar een plaats lager op het talud (zie aanbevelingen in hoofdstuk 10). Tijdens het veldbezoek in november 2020 is het waterpeil niet gemeten, maar aan de oever leek het waterpeil ca. 1,5 tot 2,0 m. lager dan het winterpeil te staan (ca. 5,0 – 5,5 m. +NAP).

5.3.2 Heidekreitenplas

In paragraaf 2.4 is al het nodige vermeld over het peilverloop van de Heidekreitenplas. Het peil van deze plas wordt momenteel niet automatisch gemeten, wat wel wenselijk is (zie aanbevelingen in hoofdstuk 10).

Op basis van oudere metingen aangevuld met eigen metingen tijdens de meetronden kan het volgende peilverloop van de Heidekreitenplas worden afgeleid voor de periode “tot en met 2021”:

- GHP: ca. 8,5 m +NAP
- GLP: ca. 7,3 m +NAP
- Fluct: ca. 1,2 m +NAP
- Uitstroomopening:
 - 8,0 m +NAP (tijdelijk tot december 2021)
 - 8,4 m +NAP (vanaf januari 2022)

Door de gradiënt van de stijghoogte van het ondiepe regionale grondwatersysteem en verschil in afwateringsniveau (aftoppingsnivo Brabantse hoek = +7,65 m NAP) liggen de peilen van de Heidekreitenplas ca. 3 tot 5 decimeter hoger dan de peilen van de Brabantse Hoek.

In de periode dat de uitstroomopening zich op een hoogte van 8,0 m. +NAP bevond, liep er in de winter water uit de Heidekreitenplas naar de waterloop ZL-22 met een bemaling.

5.4 Peilmetingen tijdens veldonderzoek in periode maart 2021 t/m maart 2022

Om meer inzicht te krijgen in de variatie van de grond- en oppervlaktewaterpeilen in het onderzoeksgebied zijn, aansluitend op de gepresenteerde meetreeksen, in de meetperiode van maart 2021 tot en met maart 2022 op 57 locaties in vier meetronden peilmetingen verricht. De metingen zijn verricht op de volgende data:

- 16 maart 2021 (zie Figuur 25),
- 29 juni 2021 (zie Figuur 26),
- 3 en 12 november 2021 (einde zomer-situatie; zie Figuur 27),
- 3 maart 2022 (einde winter-situatie; zie Figuur 28).

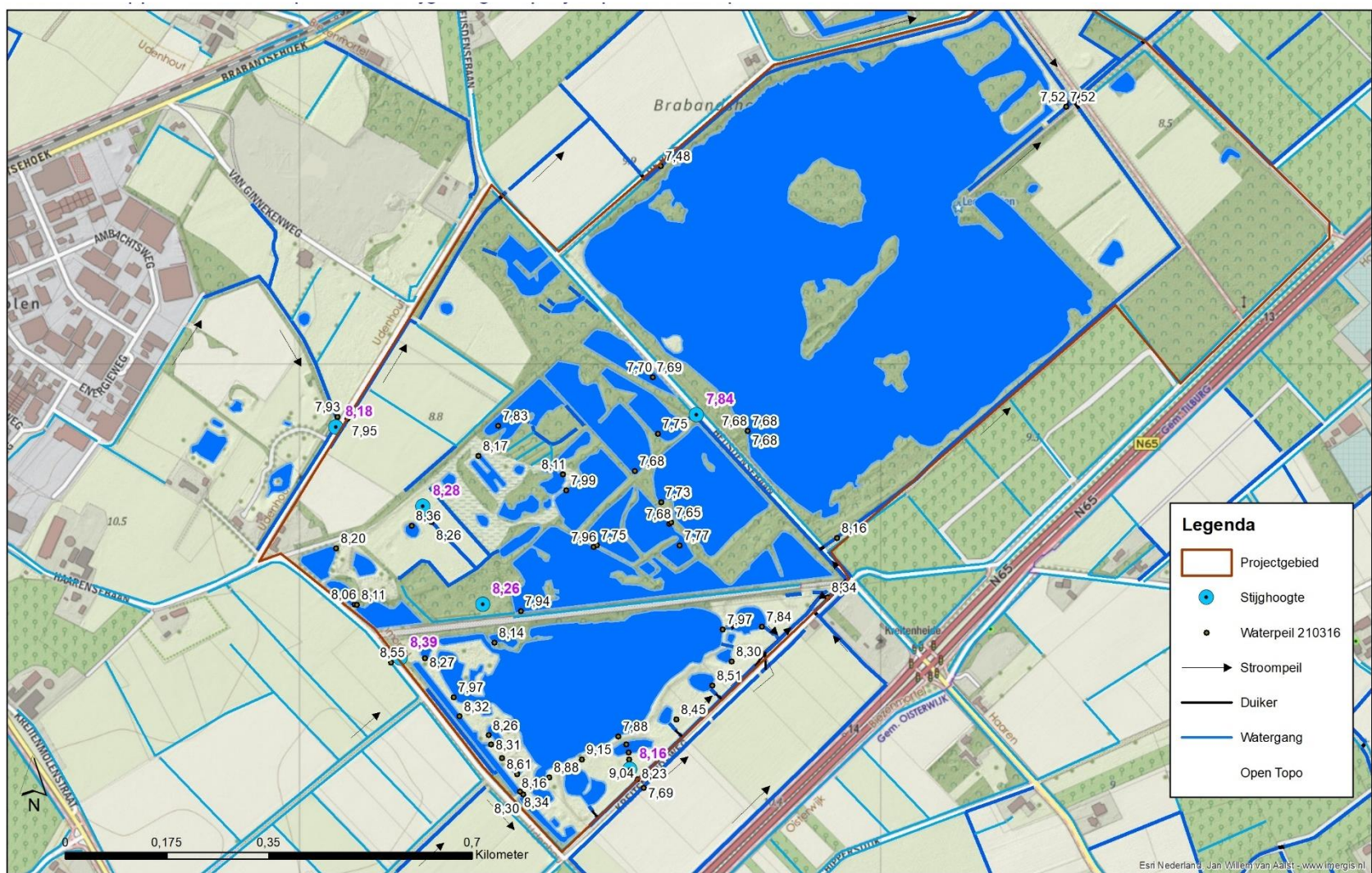
Door de droge zomer van 2020 voorafgaand aan de eerste peiling op 16 maart 2021 is deze meetronde niet representatief gebleken voor een einde winter situatie. De peiling werd daarom herhaald op 3 maart 2022. Door het relatief normale neerslagverloop in de winter van 2021/2022 kan deze meting wel worden beschouwd als representatief voor een einde wintersituatie. De meting in november 2021 kan worden beschouwd als representatief voor een einde zomer-situatie in de putten, plassen en de meeste poelen.

De meteorologische cijfers van de maanden voorafgaand aan de 4 meetronden zijn vermeld in onderstaande Tabel 7.

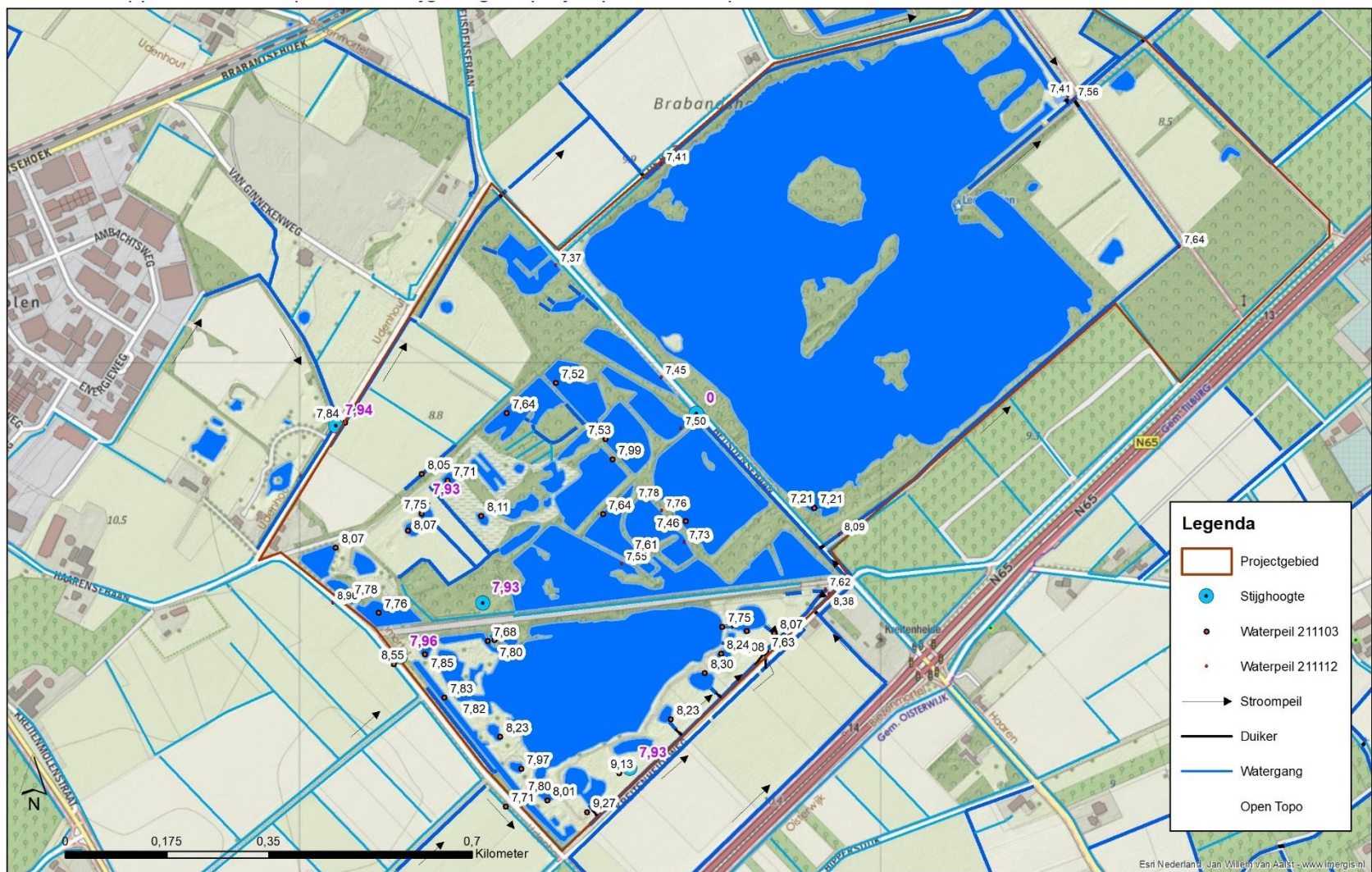
Tabel 7: Neerslag en verdamping in de meetperiode voorafgaand en tijdens het veldonderzoek (december 2020 t/m maart 2022)

	dec'20-16mrt'21	17mrt'21-29jun'21	30jun'21-3nov'21	3nov'21-3mrt'22
Giersbergen neerslag (mm)	267	249	362	293
Gilze-Rijen verdamping (mm)	51	284	269	42
neerslagoverschot (mm)	216	-35	93	251
open waterverdamping 1,25	64	355	336	53
neerslagoverschot open water	203	-106	26	241

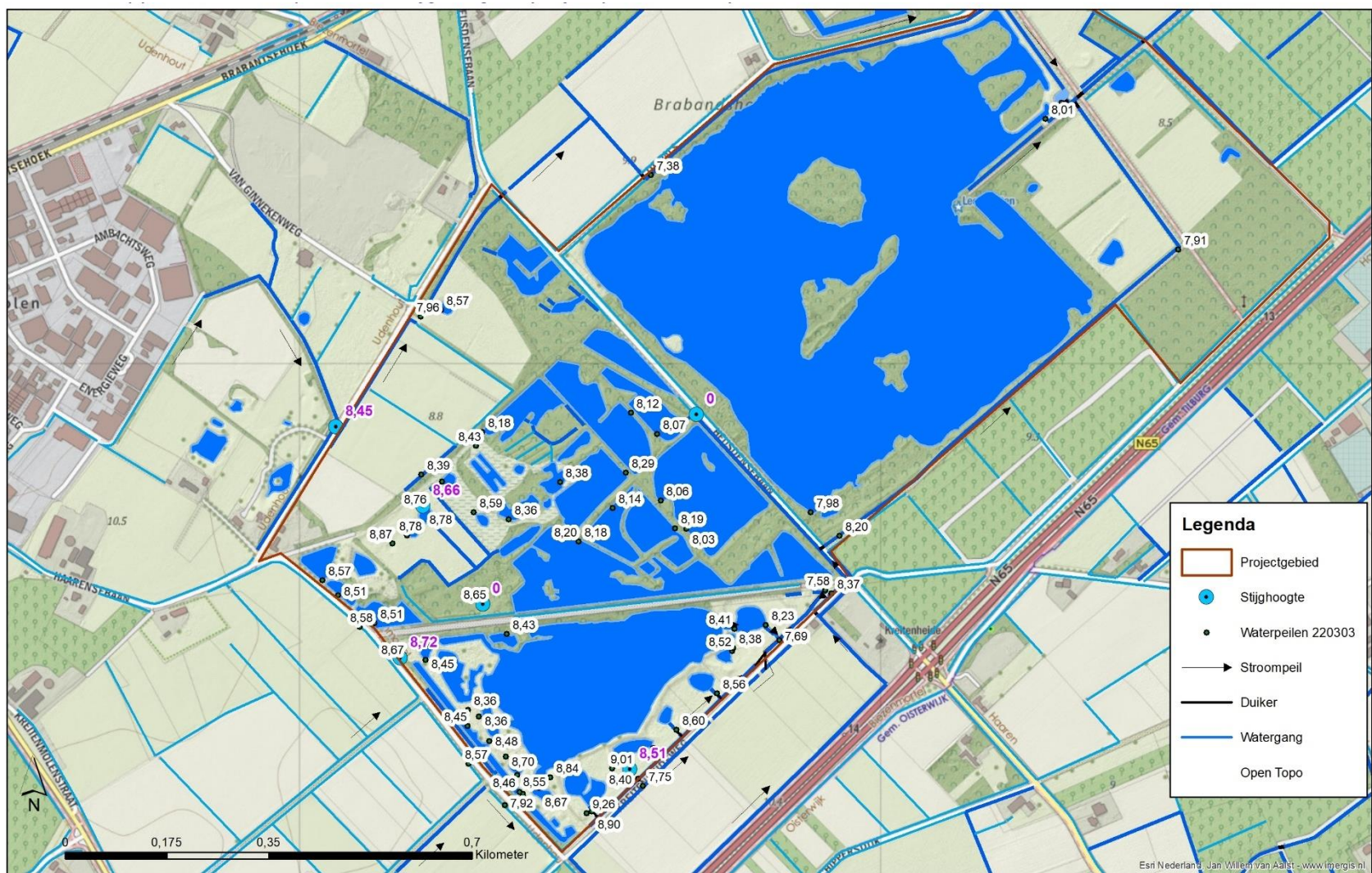
In Figuur 25 t/m Figuur 28 worden de resultaten gepresenteerd van de gemeten waterpeilen in de leemkuilen, poelen, zandwinplassen en sloten rondom het natuurgebied. Hierbij geldt de meetronde van november 2021 als representatief voor een einde zomer-situatie en de meetronde van maart 2022 als representatief voor een einde winter-situatie.



Figuur 25: Gemeten oppervlaktewaterpeilen en stijghoogte in de projectpeilbuizen op 16 maart 2021



Figuur 27: Gemeten oppervlaktewaterpeilen en stijghoogte in projectbuizen op 12 november 2021 (einde zomer-situatie)



Figuur 28: Gemeten oppervlaktewaterpeilen en stijghoogte in projectbuizen op 3 maart 2022 (einde winter-situatie)

De metingen zijn samengevat per deelgebied door het berekenen van een mediaan per deelgebied (zie Tabel 8 en Tabel 9). De deelgebieden zijn in deze tabel gerangschikt in volgorde van hoogst waterpeil naar laagst waterpeil. Van de grote waterplassen zijn de waterstanden van één meetpunt vermeld, van sloten de mediaan waarde van meerdere meetpunten.

Tabel 8: Waterstanden per deelgebied en grote waterplassen in de Leemkuilen in 2021 en 2022. Laagste waterstand is in oranje vlakken vermeld, hoogste stand in blauw vlak. Peilbuizen = freatische grondwaterstand.

Deelgebied	mediane waterstand			
	maart'21	juni'21	november'21	maart'22
Poelen Heidekreiten	8,30	8,09	8,16	8,56
Poelen noordwest	8,19	7,94	7,78	8,59
Nieuwe Leemkuilen	7,77	7,80	7,69	8,20
Oude Leemkuilen	7,74	7,68	7,50	8,10
Peilbuizen (noord- & zuidwest)	8,21	7,56	7,94	8,59
Sloten (west)	8,09	7,71	7,84	8,37
Heidekreiten #	7,97	7,96	7,75	8,40
Brabantse hoek #	7,68	7,43	7,20	8,00
Sloten (oost)	7,52	7,48	7,56	7,65
# waterplas met één meetpunt				

Tabel 9: Fluctuatie van oppervlakte en grondwater periode 2021 tot maart 2022 in de verschillende deelgebieden in cm

Deelgebied	mediane daling of stijging waterstand		
	mrt-jun'21	jun-nov'21	nov'21-mrt22
Poelen Heidekreiten	-22	7	40
Poelen noordwest	-24	-16	81
Nieuwe Leemkuilen	3	-11	51
Oude Leemkuilen	-6	-18	59
Peilbuizen (noord- & zuidwest)	-65	38	65
Sloten (west)	-39	14	53
Heidekreiten #	-1	-21	65
Brabantse hoek #	-25	-23	80
Sloten (oost)	-4	9	9
# waterplas met één meetpunt			

Uit de in Tabel 8 gepresenteerde metingen blijkt dat de waterstand in de westelijke deelgebieden hoger is dan de waterstand in waterplas Brabantse Hoek. De laagste standen zijn overwegend gemeten in november 2021. Een uitzondering vormen de poelen Heidekrijten, peilbuizen met filter in het Brabantse leem-systeem en sloten boven het Brabantse leem-systeem. Deze deelgebieden lijken sneller te reageren op neerslag. De waterstand in Brabantse Hoek was in november 2021 aanzienlijk lager dan de waterstanden in de omliggende sloten oost. Ook de fluctuaties in waterplas Brabantse Hoek zijn groter dan in de sloten-oost (zie Tabel 9), wat kan duiden op een invloed vanuit het 1^e watervoerend pakket die 's winters voedend is en 's zomers drainerend (= wegzijging). De fluctuaties in diepe plas Heidekreiten zijn minder groot dan in Brabantse Hoek. Of dit wordt veroorzaakt door het hogere afvoerniveau van Heidekreitenplas of hogere bodemweerstand is nu niet bekend.

In Tabel 9 is te zien dat in de meeste poelen en plassen tussen mrt-jun '21 de waterstand gedaald is, veelal een grotere daling dan het neerslagtekort van 11 cm. Uitzondering zijn Heidekreitenplas en de oude en nieuwe Leemkuilen. Hier is het waterpeil minder gedaald dan het neerslagtekort van 11 cm.

In de periode juni-november '21 (met een "neerslagoverschot open water" van 2,6 cm) is in de plassen en meeste poelen een daling van de waterstand opgetreden. In een periode met klein "neerslagoverschot open water" en stijging grondwaterstand, is een daling open water vooral het gevolg van wegzijging van water. In

deelgebied met poelen Heidekreiten is de waterstand wel gestegen in herfst 2021, evenals sloten-west en grondwater. Uit de poelen Heidekreiten treed waarschijnlijk (relatief) minder wegzijging op.

Het “neerslagoverschot open water” in periode november 2021 en 3 maart 2022 was 24 cm, de stijging in de poelen en vennen was groter door toestroom vanuit groter vanggebied rondom een poel/ven en toestroom lokaal grondwater in combinatie met relatief weinig of geen wegzijging via grondwater.

In Figuur 28 is zichtbaar dat ten noordwesten van Leemkuilen de slootwaterstanden in de winter hoger zijn dan in Leemkuilen, in de zomer vallen deze sloten droog. In tabel 10 is zichtbaar dat de stijging van waterstand in winter '21-'22 relatief groot is geweest in poelen noordwest. Dit kan door relatief groot vanggebied voor neerslag, aanwezigheid van een weerstandbiedende laag Brabantse leem en/of door toestroom van lokaal freatisch grondwater zijn veroorzaakt.

5.5 Waterhuishouding

5.5.1 Historisch landgebruik en waterhuishouding

Historische kaart ca. 1830

Het landgebruik en waterhuishouding rond 1830 is weergegeven in Bijlage 8. De lage gronden en natte gronden waar regenwater stagneert op de Brabantse leem ter hoogte van huidige Leemkuilen is op deze kaart weergegeven als een moerassig gebied. In dit gebied ontsprong aan de noordoostzijde een naamloos beekje dat het stagnerende water noordoostwaarts afwaterde op de Leijbeek. In de laagte ten zuiden van dit gebied ontsprong een tweede beek: de Raamse loop.

Historische kaart ca. 1850

In de historische kaart van 1850 in

Bijlage 9 is te zien dat de ontginning van de Leemkuilen op een aantal delen is begonnen. Wat voorheen nog woeste moerassige heidegrond was, lopen nu verscheidene wegen doorheen. De bebouwing rondom de Leemkuilen is ook uitgebreid en verkaveling van de omgeving is ook gestart.

Historische kaart ca. 1900

Op de historische kaart van 1900 (bijlage 10) is te zien dat het gebied van de huidige Leemkuilen nog bestaat uit heidevelden en bebossing. Op een aantal delen is het moerassig in de Leemkuilen. De omgeving is verder verkaveld en bebost.

Historische kaart ca. 1950

In de historische kaart van 1950 (bijlage 11) is te zien dat het landgebruik en de waterhuishouding in de Leemkuilen vrijwel onveranderd zijn ten opzichte van de situatie in 1900.

Historische kaart ca. 1960

De historische kaart van 1960 toont de eerste winning van de leem (bijlage 12). Een deel van de Brabantshoek en ten zuiden van de Heusdense baan is hier al omgezet naar leemwinning (te zien aan de plassen)

Historische kaart 1980

Op de historische kaart van 1980 (bijlage 13) is te zien dat de leemwinning in het noordoostelijke blok van de Brabantse hoek is opgehoogd met zand en omgezet naar weiland. De percelen rondom de huidige Leemkuilen zijn strak verkaveld in het kader van de Ruilverkaveling. Het huidige waterlopenstelsel is in die periode aangelegd.

Historische kaart 1997

Op de historische kaart van 1997 (bijlage 14) zijn de nieuwe Leemputten aan de westzijde van de Heusdense baan zichtbaar, die door Brabants Landschap in het kader van natuurontwikkeling zijn aangelegd op basis van het ontwerp van Londo. Ook is er sprake van leemwinning aan de westzijde van Heidekreiten.

Historische kaart 2005

Op de historische kaart uit 2005 (bijlage 15) is te zien dat de leem en zandwinning in de Brabantsehoek en Kreitenheide zijn volledig uitgevoerd. Het gebied rondom de oude Leemkuilen en nieuw gegraven Leemkuilen ten westen van de Heusdense baan begroeid raakt met bos.

Historische kaart ca. 2016

In de historische kaart van 2016 (bijlage 16) is te zien dat ten behoeve van de Boomkikkers aan de noord- en westzijde van de Leemkuilen een groot aantal poelen is aangelegd.

5.5.2 Huidige waterhuishouding

De ligging van de A-watergangen, duikers en gemalen wordt getoond in de Leggerkaart van Waterschap de Dommel (bijlage 17).

Op de Leggerkaart is te zien dat de afwatering van de gronden aan de noordwest zijde van de Leemkuilen wordt verzorgd door A-watergang ZL23. Het water uit de A-watergang wordt door het gemaal aan de noordoostzijde van de Brabantse hoek in A-watergang ZL-20 gepompt.

De lage gronden aan de zuidoostzijde van de Leemkuilen wordt afgewaterd door de A-watergangen ZL-20 en ZL-22. ZL-22 voert het water van de sloten aan de westzijde van de Leemkuilen af langs via de zuidelijke bermsloot van Kreitenheideweg. Het water stroomt vervolgens via een duiker onder de Kreitenheideweg naar de noordelijke bermsloot en wordt tenslotte met het gemaal bij de Heusdense baan in de ZL-20 gepompt.

De ZL-20 voert het water af van de gronden ten noorden van de Rijksweg. Het ontvangt ter hoogte van de Heusdense baan het water van de ZL-22. Vervolgens stroomt het via de duiker onder de Heusdense baan langs de zuidoostzijde van de Brabantse hoek. Vervolgens ontvangt de ZL-20 water via het gemaal aan de oostzijde van de Brabantse hoek van de ZL23 en voert dit noordoostwaarts af.

A-watergang ZL-24 voert in de wintermaanden water uit de Brabantse hoek af richting de ZL-20. De zandwinplas Brabantse staat via een PVC duiker in verbinding met de ZL-24. In de wintermaanden kan hier een forse afvoer plaatsvinden (zie ook de beschrijving in paragraaf 5.3.1 op blz. 54).

6 Waterkwaliteit en waterbodembodem

6.1 Grondwaterkwaliteit

De locaties van de genomen grondwatermonsters is weergegeven in Bijlage 4. De analyseresultaten zijn opgenomen in Bijlage 19. Grondwater is verzameld uit peilbuizen (PB) met een filterdiepte van ca. 2-3 m. onder maaiveld of door ceramische cups te plaatsen in ondiepe boorgaten (max 0,5 – 1,0 m -mv; OG).

Tabel 10: Overzicht van chemische waterkwaliteit in de verschillende gemeten grondwateren (grondwater GW via peilbuis, of oppervlakkig grondwater OG uit boorgat), in de winter- (16 maart 2021) en de zomerperiode (29 juni 2021).

				mEq/l	µS/cm	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l
Onderdeel	Locatie	Seizoen	pH	Alk.	EGV	CO2	HCO3	NO3	NH4	PO4	Ca	Cl	Fe	K	Mg	P	S
GW	PB1	winter	6.87	14.6	1182	4186	12849	1.7	764.0	0.8	4915	414	666	228	475	9.5	66
GW	PB2	winter	3.54	0.0	1740	3045	4	0.3	49.2	0.3	3188	5556	795	184	1531	0.9	6511
GW	PB3	winter	6.04	1.1	132.8	1641	754	3.2	70.9	0.6	343	139	288	63	158	36.3	92
GW	PB4	winter	5.22	0.3	836	2864	195	6.1	45.6	0.1	1549	4398	126	183	670	2.8	1605
GW	PB1	zomer	6.84	13.8	1159	3904	11261	0.3	694.0	1.0	5011	664	103	202	479	3.8	131
GW	PB2	zomer	4.11	0.0	1760	3214	17	0.4	38.2	0.6	3143	5229	1248	135	1678	1.0	6425
GW	PB3	zomer	6.30	1.2	152.9	1147	948	0.8	92.5	0.6	343	118	110	71	172	15.6	100
GW	PB4	zomer	5.33	1.4	984	3543	311	0.4	68.3	0.3	1964	4371	165	149	844	0.7	1951
GW	B45C0390-2	zomer	6.25	1.9	554	2275	1691	0.5	102.9	0.8	1440	1244	22	37	400	3.3	1090
GW	B45C0390-3	zomer	6.71	2.3	454	958	2044	0.4	17.8	0.3	1439	958	76	30	261	2.3	649
OG	og1	winter	6.65	4.0	401	1920	3551	6.4	163.6	0.2	1416	261	149	72	208	1.5	27
OG	og2	winter	6.68		772	2588	5104	1.8	331.8	0.2	2785	902	369	147	544	1.2	492
OG	og3	winter	5.00	0.1	385	1103	46	703.9	6.6	0.2	623	586	1	342	419	0.3	435
OG	og4	winter	5.79	0.4	126.3	1374	351	514.9	25.8	0.6	313	312	1	34	101	1.0	8
OG	og5	winter	5.57	0.9	141	3507	535	62.1	7.4	0.2	235	0	9	24	205	0.8	336
OG	og6	winter	5.90		362	635	208	9.3	16.3	0.6	438	1075	104	47	324	1.4	955
OG	og7	winter	5.30	0.2	3020	1350	113	43.7	55.2	0.5	6637	17883	3	234	3069	2.4	7316
OG	og8	winter	5.09	0.3	2890	3295	169	20.5	14.0	0.9	4977	19976	1	795	3269	1.7	4629
OG	landb.1	winter	4.80	0.1	153	2244	58	0.0	70.5	0.0	381	218	34	62	84	2	474

Eerste watervoerende pakket:

De samenstelling van het grondwater uit het eerste watervoerende pakket (formatie van Sterksel) is op twee dieptes gemeten in buis B45C0390, een meetpunt uit het provinciale grondwatermeetnet. Dit uit 6 filters bestaand meetpunt bevindt zich aan de noordzijde van de Leemputten (zie Bijlage 2). De technische gegevens van dit meetpunt zijn weergegeven in Bijlage 3 op blz. 116. Het grondwater uit de onderkant van het eerste watervoerende pakket (formatie van Sterksel) is verzameld uit filter 3 op een diepte van -44 tot -46 m. +NAP. Dit water is vrij sterk gebufferd, voedselarm en ijzerhoudend, maar is wel behoorlijk belast met sulfaat. Het water bovenin het eerste watervoerende pakket is verzameld uit filter 2 op een diepte van -10 tot -12 m. +NAP. Hier is de buffering en het ijzergehalte wat lager, en is wat meer ammonium aanwezig. Maar vooral valt de nog hogere sulfaatbelasting op, met maar liefst 1090 micromol (110 milligram) per liter.

Grondwater in de zandlaag onder de eerste scheidende laag (Brabantse leem):

Peilbuis PB1 staat in het niet vergraven deel van de Heidekreiten. Er is hier sprake van zeer hard grondwater, met een buffercapaciteit van maar liefst 14 milli-equivalent per liter in zowel zomer als winter. Er is weinig verschil in de samenstelling tussen beide seizoenen, waarbij het hoge ammoniumgehalte opvalt. Alleen de ijzerconcentratie is in de winter zeer hoog maar slechts matig hoog in de zomer. De hoge buffercapaciteit wijkt sterk af van alle andere metingen in het gebied. De zeer sterke buffering hangt hier samen met de aanwezigheid van veel leem in het boorgat die hier blijkbaar sterk gebufferd is. De hoge ijzer- en ammoniumgehalten wijzen er op dat ook reductieprocessen wellicht sterk hebben bijgedragen aan de zeer hoge buffering.

Peilbuis PB4 staat aan de zuidwestrand van het gebied, waar verwacht mag worden dat er op zijn minst in de winter sprake is van toestroom van grondwater uit het aangrenzende landbouwgebied. Ook hier is sprake van sterk met sulfaat belast grondwater. Het water is daardoor slechts zwak gebufferd. Voor deze locatie is niet duidelijk wat de bijdragen van nitraatuitspoeling uit de landbouw, respectievelijk droogval, zijn aan de hoge sulfaatbelasting. Opvallende hoge concentraties aan sulfaat, calcium, magnesium en chloride worden zowel in peilbuis 2 als peilbuis 4 gemeten. Deze buizen staan vrij dicht bij elkaar.

Grondwater boven de eerste scheidende laag (Brabantse leem):

Peilbuis PB2 staat in een bosje met vooral eiken en bramen, aan de westkant van de nieuwe leemkuilen die in het kader van natuurontwikkeling zijn gegraven. Het grondwater is hier zeer zuur (pH 3,5 – 4,1) en extreem sulfaatrijk. De eveneens zeer hoge concentraties calcium en magnesium doen vermoeden dat hier sprake is van de volgende elkaar opvolgende processen: pyrietoxidatie -> vrijkomen zwavelzuur -> oplossen van calcium en magnesiumcarbonaten en/of uitwisseling van protonen tegen calcium- en magnesium ionen. De hoge concentraties kunnen mede het gevolg zijn van nitraat dat ingevangen wordt door het bosje en vervolgens uitspoelt en de genoemde processen in gang zet. Veel waarschijnlijker is dat er ook pyrietoxidatie heeft plaatsgevonden als gevolg van droogval en vernatting (hoogste gehalte sulfaat is in de winter '20-'21 na de droge zomer 2020). De periodiek zeer sterke verzuring leidt ook tot hoge concentraties opgelost ijzer. Verder zijn ook de chlorideconcentraties zeer hoog in peilbuis 2 en 4. Ook dit lijkt een gevolg van de zwaveloxidatie; hoge sulfaatconcentraties kunnen andere anionen, zoals chloride, van bindingsplaatsen in de bodem verdringen.

Grondwater op plaatsen waar de leemlaag is afgegraven en vervolgens vervangen door zand:

Peilbuis PB3 staat in het grasland aan de noordwestzijde van het terrein bij poel P8. Hier worden geen grote extremen in samenstelling waargenomen. Het water is matig gebufferd, vrij stikstofarm en vrij ijzerrijk. Wel opvallend is de hoge fosfaatconcentratie in het grondwater, vooral in de winter. Het lijkt er op dat ergens in de stroombaan van het grondwater fosfaatrijke bodem aanwezig is, waaruit fosfaten in oplossing gaan. Of het hogere gehalte fosfaat is ontstaan a.g.v. de gestegen freatisch grondwaterstand in de winter 2020-2021 (na de droge zomer 2020).

Zeer oppervlakkig grondwater boven de Brabantse leem (poreuze cups):

Oppervlakkig grondwater is op 8 locaties bemonsterd middels ceramische cups in de winter (16 maart 2021), zie Bijlage 4. De cups zijn op een diepte van ca. 30 - 50 cm onder maaiveld aangebracht.

- Locatie 1 bevindt zich vlak naast peilbuis PB1. Het water is ook hier sterker gebufferd dan overal elders in het gebied, maar wel veel minder extreem dan in de peilbuis. Dit wijst er op dat de buffering vooral uit de zandlaag onder de eerste leemlaag afkomstig is; de toplaag lijkt wat meer verdund te zijn met regenwater.
- Locatie 2 ligt naast peilbuis PB4, maar hier is de buffering juist in het ondiepste grondwater het hoogst, met meer dan 5 millimol bicarbonaat. Ook hier gaat dit samen met veel ammonium en ijzer. Het lijkt er dus op dat de reductieprocessen die buffering genereren, reductie van o.a. ijzer en nitraat, hier hoger in het profiel optreden terwijl het wat diepere grondwater uit peilbuis 4 meer onder invloed staat van (zijdelings toestromend?) grondwater dat door zwavelmobilisatie sterk is verzuurd.
- Ook op locatie 3 (bij peilbuis PB2) is de buffering in de bovenste laag grondwater beter dan in het diepere grondwater. In de winter wordt in de peilbuis een zuurgraad van pH 3,5 gemeten, terwijl het zeer oppervlakkige grondwater een zuurgraad van pH 5,0 heeft; een extra aanwijzing dat de verzuring in de diepere ondergrond wordt gegenereerd waar pyriethoudende lagen droogvallen in droge tijden. Onduidelijk is of dit ter plekke plaatsvindt, of dat er zijdelings zeer sulfaatrijk water komt toestromen uit westelijke richting. Een belangrijke aanjager van deze pyriet-oxidatie is de uitspoeling van nitraat, hier met een voor bos zeer hoge waarde van meer dan 700 micromol per liter. Mogelijk zijn er organische of moerige toplagen uitgedroogd die anders voortdurend nat zijn, en is de afbraak van

organisch materiaal hierdoor sterk gestimuleerd. Maar het is ook mogelijk dat er grote hoeveelheden stikstof in de vorm van ammonium zijn gebonden aan de negatief geladen leemdeeltjes en dat een deel van dit ammonium door droogval is geoxideerd en vervolgens als nitraat is uitgespoeld.

- Opmerkelijk is dat ook in het weiland, bij peilbuis PB3/locatie 4, ook hoge nitraatconcentraties zijn gemeten. Hier is nergens sprake van droogvallende, organische lagen. Vrijkomen van nitraat als gevolg van droogval van leemlagen lijkt daarmee de meest logische verklaring voor de hoge nitraatgehaltes.
- Locatie 5 in het grasland aan de noordwestzijde is zwak gebufferd, ijzerarm, echter i.t.t. 3 en 4 vrij arm aan nitraat, ondanks dat het in een grasland ligt (op hetzelfde perceel als landbodemplaat 3; mogelijk heeft er geen bemesting in voorafgaande jaar/jaren plaatsgevonden, =voor 2021).
- Locatie 6 lag ten zuidwesten van leemput K4 en is ook weinig gebufferd en nitraatarm, maar wel ijzerhoudend en sulfaatrijk. Het bodemvocht in het slib van K4 was ook ijzerhoudend, maar minder sulfaatrijk. Het sulfaat in het oppervlakkige grondwater is waarschijnlijk nog het gevolg van droogvallen van delen van de waterbodem waardoor veel pyriet-oxidatie en afbraak van organisch materiaal en dus vorming van sulfaat heeft plaatsgevonden in de voorafgaande droge jaren 2018 en 2020. In het gemeten bodemvocht is dat niet gebeurd, omdat dit slib van diepere, niet drooggevalen lagen betrof.
- Op locatie 7 en 8, aan respectievelijk de zuidwest- en noordostrand van de diepe Brabantse hoek plas, is de EGV hoog, met zeer hoge concentraties natrium, chloride, sulfaat, calcium, magnesium en kalium, en een lage buffering. Ook hier lijkt dus sprake te zijn van een stevige pyrietoxidatie; de door pyrietoxidatie vrijkomende protonen en sulfaatmoleculen, worden deels uitgewisseld tegen andere kationen en anionen die aan de bodem gebonden zijn. Er wordt hier ook enig nitraat gemeten, wat duidt op minder reductieve omstandigheden. Dit verklaart tevens de afwezigheid van opgelost, gereduceerd ijzer; het bij pyrietoxidatie vrijkomende ijzer is als geoxideerd ijzer neergeslagen. Een verklaring voor de, ook na pyrietoxidatie, extreem hoge gehalten natrium en chloride is niet gevonden. In de bodemonsters zijn nergens hoge chloridegehalten gemeten. De invloed hiervan op de plas lijkt gering, want geen van de hierboven genoemde stoffen vertoont een duidelijk verhoogde concentratie in de plas.
- *Naast de vooraf geplande acht locaties werd (op 4 maart) een extra monster genomen nabij de landbodemplaat 1 (Heidekreiten). Hier is het water het meest zuur (pH 4,8) en weinig gebufferd (HCO_3^- 58 $\mu\text{mol/l}$). Het water is sulfaathoudend, maar nitraatloos. Het heeft tevens een vrij lage EGV (153 $\mu\text{S/cm}$) wat erop duidt dat het water relatief sterk regenwater beïnvloed is.*

Er kan geconcludeerd worden dat de samenstelling van het grondwater uit de bovenkant van het eerste watervoerende pakket (formatie van Sterksel en goed doorlatende onderkant van de formatie van Bortel) vrij sterk gebufferd is en hoge gehalten sulfaat en ammonium bevat. Grondwater in de onderkant van de Brabantse leem wordt sterk beïnvloed door de goed gebufferde Brabantse leem en is daarmee zeer sterk gebufferd.

Het grondwater boven de Brabantse leem is in hoge mate is beïnvloed door oxidatie- en reductieprocessen. Dominant is de oxidatie van pyriet-houdende lagen onder invloed van (langdurige) droogval en diep uitgezakte grondwaterstanden in de voorafgaande droge zomers, wat tot verzuring van het grondwater leidt (zie ook paragraaf 5.3.1). Een opvallend aspect is ook de sterke mobilisatie van natrium, kalium en chloride, die met de pyrietoxidatie lijkt samen te hangen. In de winter van 2020-2021 is na de seizoensmatige vernatting in het ondiepe en diepe zuurstofarme grondwater overwegend ammonium waargenomen in de peilbuizen. In het bodemvocht is vaker nitraat waargenomen dan in de peilbuizen (meer zuurstof en lage gehalte ammonium in bodemvocht). Maar aan de andere kant lijkt het opbrengen van grond bij de Heidekreiten juist te hebben geleid tot reductie van zwavel, ijzer en nitraat en productie van buffering. Ook spoelt er waarschijnlijk bicarbonaat uit de aangebrachte grond, bijvoorbeeld uit de delen waar grond uit het rivierengebied is gebruikt of wellicht basenrijke puinresten aanwezig zijn.

6.2 Kwaliteit waterbodem

Naast de bodems uit de twee recent verworven graslandpercelen en bij de plas Heidekreiten (zie paragraaf 4.4 op blz. 41), zijn er ook waterbodems verzameld uit de leemkuilen en uit beide diepe plassen. De bodems variëren in samenstelling van vrijwel zuiver zand tot zuivere leem of klei. Gedeeltelijk waren de leembodems van de leemkuilen enigszins zandig. Dit kan worden geconcludeerd uit de variatie in het gehalte oplosbaar aluminium, wat varieert tussen 40 (zand) en 600 (leem) millimol/liter. Alleen in de Brabantshoek is een waterbodem verzameld met meer dan 800 millimol/liter aluminium. Deze bodem was tijdens de monsternamen in het veld ook gedefinieerd als klei.

In het onderstaande is uitgegaan van correlaties tussen de dominante elementen in de bodem. Met name aluminium, ijzer, kalium, magnesium en fosfor zijn in klei- en leembodems vooral aanwezig als onderdeel van de mineralen in de bodem. Als deze elementen onderling goed correleren, betekent dit dat er een bepaald type mineraal in alle monsters voorkomt met een vaste mineralogische samenstelling. Afwijkingen van deze correlaties geven dan aan dat er ook andere “onderdelen” in de bodem aanwezig zijn waarin deze elementen zich kunnen bevinden.

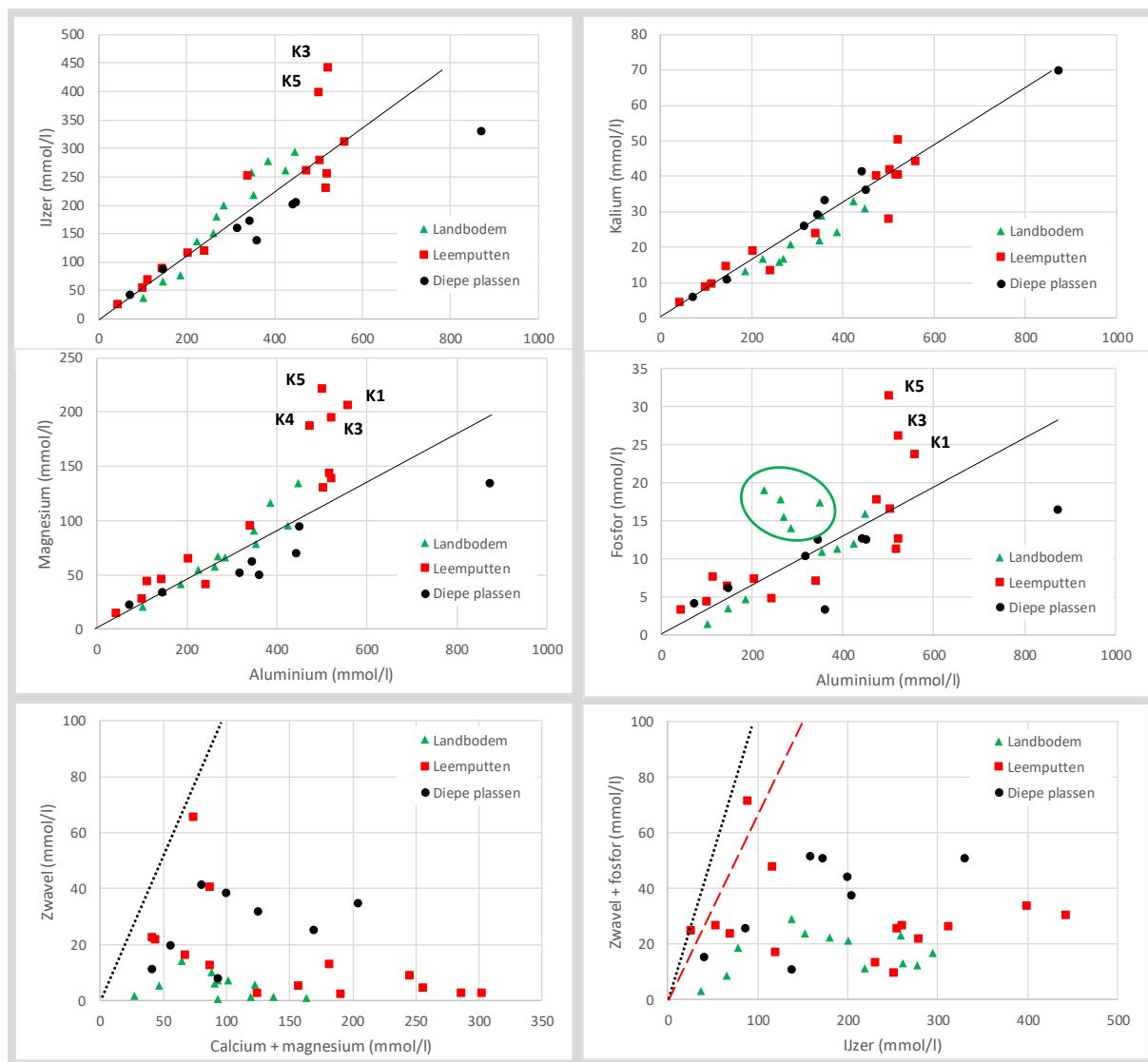
Is de samenstelling van het Brabantse leem uniform?

Door de correlatie tussen aluminium en overige elementen in de bodem in beeld te brengen, wordt duidelijk welke elementen zich voornamelijk in de leemfractie bevinden; hoe sterker de correlatie met aluminium, hoe meer deze stof alleen maar aanwezig is in de leemfractie. Dit geldt vooral voor kalium (Figuur 29; rechtsboven). De figuur maakt duidelijk dat overal hetzelfde type leem aanwezig is, dat wil zeggen met ongeveer dezelfde minerale samenstelling. Zowel in de landbodems als in de bodems van de ondiepe kuilen en de diepe plassen (zowel vaste bodem als slib) is de verhouding aluminium/kalium overal gelijk. Maar ook magnesium en ijzer zijn op deze manier overal voor het overgrote deel aanwezig als onderdeel van de leem-mineralen. Wel zijn er enkele uitzonderingen; de bodem van de vlak bij elkaar gelegen leemkuilen K1, 3, 4 en 5 bevat relatief veel magnesium, waarbij K3 en K5 ook relatief veel ijzer en fosfor bevatten. Voor de ligging van de verschillende leemkuilen wordt verwezen naar de Waterenkaart in Bijlage 1. Dit is niet het geval in de sliblaag die daar bovenop ligt. De reden voor deze verhoogde gehalten, en dus afwijkende minerale samenstelling, moet dus verder terug in het verleden liggen.

Fosfor en ijzer in de leem:

Uit de correlatie tussen aluminium en fosfor (Figuur 29, midden rechts) blijkt tevens dat de leem van nature behoorlijk rijk aan fosfor is; de bodems met de hoogste leemfractie (afgaande op o.a. aluminium) bevatten ongeveer 15 mmol/liter fosfor. Er is dus in principe sprake van vrij voedselrijke leem waarop een flinke plantengroei mogelijk is.

Wat ook duidelijk is, is dat de leem ook veel ijzer bevat. Dit ijzer voorkomt in de zuurstofloze toestand van waterbodems dat fosfaat naar de waterlaag kan gaan; er lost naar verhouding meer ijzer op dan fosfaat en ijzer-fosfaat neerslag op de overgang van de zuurstofloze bodem naar de zuurstofhoudende waterlaag voorkomt diffusie van opgelost fosfaat. Naast de waterbodems van K1, K3 en K5, bevatten ook sommige landbodems naar verhouding veel fosfor (Figuur 29, midden rechts, groene cirkel). Dit zijn de toplagen van de graslandpercelen, die extra fosfor hebben ontvangen door bemesting.



Figuur 29: Correlatie tussen de totale gehalten aan stoffen in 3 verschillende typen bodems verzameld in en om de Leemkuilen van Udenhout. De landbodems zijn verzameld op twee recent verworven landbouwpercelen aan de noordzijde van het gebied: er zijn op 4 locaties bodems verzameld op drie diepten.

Zwavel:

In sommige bodems is ook veel zwavel aangetroffen. Dit kan twee problemen veroorzaken: mobilisatie van fosfaat en bij droogval van waterbodems ook verzuring. De kans op een dergelijke verzuring is in te schatten door na te gaan of er meer zwavel dan basische kationen (calcium + magnesium) in een bodem aanwezig zijn. In Figuur 29, linksonder, is de kritieke 1:1 verhouding weergegeven met een stippellijn. Alle bodems bevinden zich aan de goede kant, dat wil zeggen rechtsonder de stippellijn, waar sprake is van meer kationen dan zwavel. Geen enkele waterbodems is dus gevoelig voor verzuring bij droogval, alhoewel het slib van leemkuil K4 met meer dan 60 mmol/liter zwavel wel in de buurt komt. Binding van fosfaat kan blijven optreden zo lang er meer ijzer dan fosfor in de bodem aanwezig is. Echter, zwavel kan minstens even goed aan dit ijzer binden en het is dus beter om de verhouding tussen ijzer enerzijds en zwavel + fosfor anderzijds uit te zetten. Ook hier blijkt dat de kans op fosfaatnalevering aan de waterlaag klein is, er is voldoende ijzer aanwezig. Alleen het slib van de oude leemkuil ten westen van de Heusdense baan (K6) ligt op de lijn en ook dat van K4 (oude leemkuil bij gemaal) komt in de buurt.

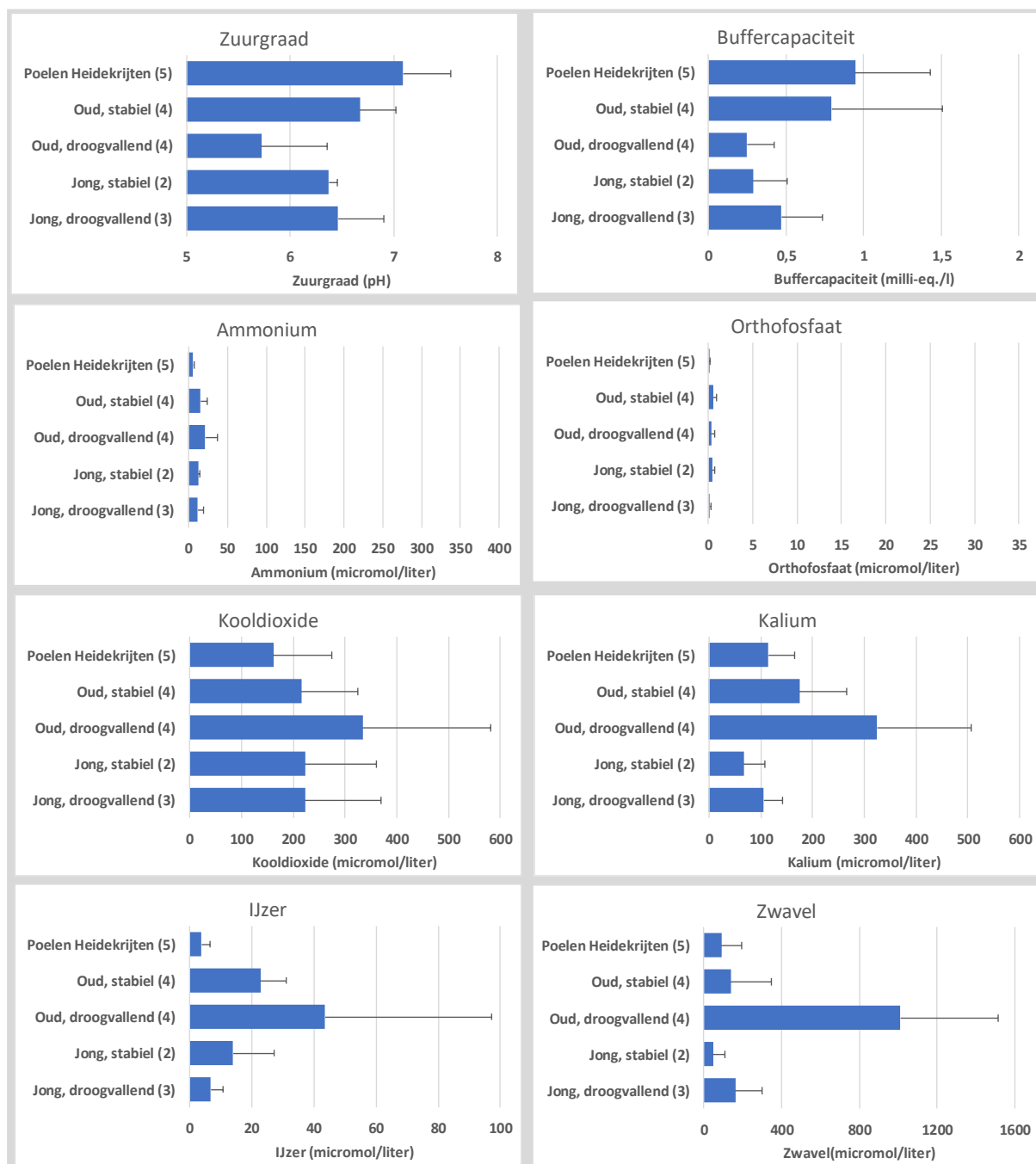
6.3 Oppervlaktewater en bodemvocht

De Leemkuilen bij Udenhout bevatten een groot aantal verschillende wateren, wat mede de basis is voor de grote diversiteit aan waterplanten in het gebied. Om meer zicht te krijgen op de factoren die de verschillen in waterkwaliteit bepalen, zijn de talrijke, kleinere wateren ingedeeld in enkele groepen.

De poelen rondom de plas Heidekreiten zijn in één groep gezet, omdat ze allen zijn aangelegd op de min of meer vergraven bodem rondom deze plas. De leemkuilen zijn ingedeeld in vier groepen. Er is onderscheid gemaakt in oude leemkuilen, die al rond 1950 zijn gegraven, en jonge leemkuilen die rond 1985 zijn gegraven. Daarnaast is op basis van eigen waarnemingen onderscheid gemaakt tussen leemkuilen met een tamelijk stabiele waterstand, die in de periode 2018-2020 hooguit voor een klein deel zijn drooggevallen, en leemkuilen die in die periode grotendeels of geheel zijn drooggevallen. De belangrijkste resultaten staan weergegeven in de Figuur 30 (meetronde in maart 2021) en Figuur 31 (meetronde in juni 2021).

De indeling van poelen en leemkuilen, waar metingen zijn uitgevoerd, is:

- Poelen Heidekrijten: H1, H2, H4, H5 en H9
- Oud stabiel: *P1, P3, K4, K5*
- Oud droogvallend: *K8, K9, K12, K13*
- Jong stabiel: *K2, K10*
- Jong droogvallend: *K1, K3, K6*

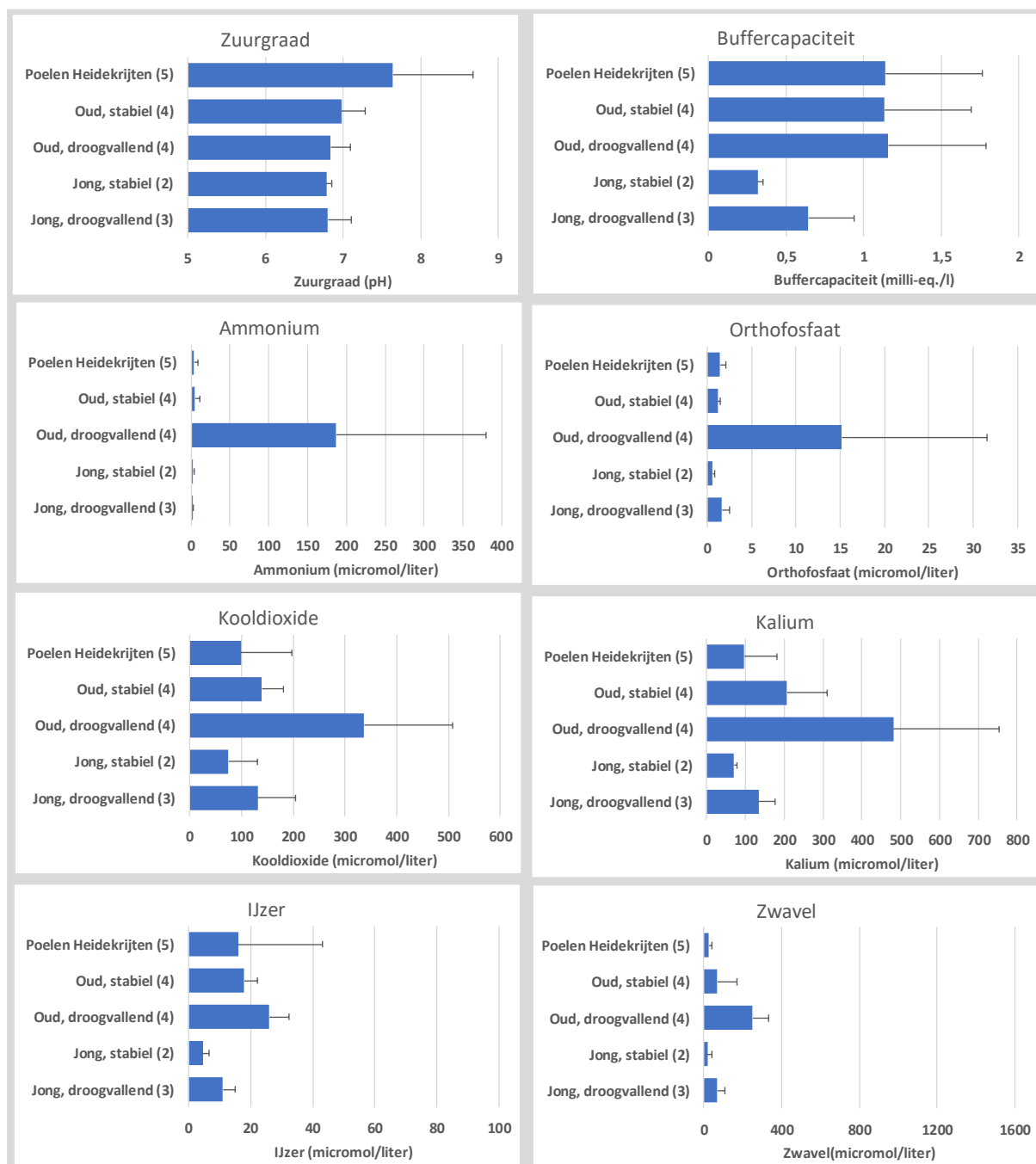


Figuur 30: Gemiddelde samenstelling van de waterlaag van 5 typen watertjes van de Leemkuilen van Udenhout op 1 maart 2021. Naast de recent aangelegde poelen langs de Heidekreiten zijn 4 typen leemkuilen onderscheiden, op basis van de leeftijd en de mate waarin deze droogvallen in zeer droge zomers. Het getal tussen haakjes betreft het aantal wateren, de foutbalk geeft de standaarddeviatie aan.

6.3.1 Eerste meetronde in maart 2021 na een lange periode van droogte

De eerste meetronde voor de waterkwaliteit heeft begin maart 2021 plaatsgevonden. Tot eind 2020 waren de waterstanden in het gebied nog extreem laag, en in maart waren de meeste wateren weer voor een deel gevuld met water. De waterkwaliteit werd echter nog sterk beïnvloed door de voorafgaande droogte. Deze heeft in de drooggevallen waterbodem geleid tot oxidatie van de aanwezige ijzer-zwavel verbindingen. In de

poelen rond de Heidekreiten heeft nauwelijks zwavelophoping plaatsgevonden, en leidt droogval dus ook niet tot zwaveloxidatie. Dit is al wel wat meer het geval in de jonge leemkuilen. Het water in de jonge droogvallende leemkuilen bevatte 3x zo veel opgelost zwavel dan de jonge leemkuilen met een stabiele waterstand (Figuur 30 rechtsonder). Dit verschil is nog veel groter in de oude leemkuilen, waarbij in de vier droogvallende leemkuilen gemiddeld 1000 micromol zwavel per liter werd gemeten in het water. Zwaveloxidatie in de waterbodem leidt tot de vorming van zwavelzuur: sulfaat (SO_4) + protonen (H^+). Het is dan ook niet raar dat de sulfaatpiek gepaard gaat met een verzuring, die tot uiting komt in een lagere pH (Figuur 30, linksboven) en buffercapaciteit (rechtsboven). De waterlaag is na de droogval-periode wel arm aan stikstof en fosfaat (Figuur 30, tweede rij). Nitraat staat niet weergegeven, maar is overal minder dan 10 micromol/liter. De concentratie kooldioxide is ruim boven de 100 micromol/liter, een kritische grens onder welke ook gespecialiseerde waterplanten onvoldoende kooldioxide uit de waterlaag kunnen halen. Tenslotte valt op dat in de oude leemkuilen veel meer ijzer in de waterlaag aanwezig is (Figuur 30, linksonder). Dit water is aan het eind van de winter zeer waarschijnlijk zuurstofhoudend. Onder deze zuurstofhoudende condities in de waterlaag slaat verreweg het meeste ijzer neer, dus is het waarschijnlijk dat het hier om neergeslagen ijzer gaat dat bijvoorbeeld is gebonden aan zwevende humusdeeltjes. Hoge concentraties opgelost ijzer kunnen giftig zijn voor eieren en larven van amfibieën, zoals ook in sommige poelen in het nabij gelegen gebied de Brand het geval was (data B-WARE).



Figuur 31: Gemiddelde samenstelling van de waterlaag van 5 typen watertjes van de Leemkuilen van Udenhout op 29 juni 2021. Naast de recent aangelegde poelen langs de Heidekreiten zijn 4 typen leemkuilen onderscheiden, op basis van de leeftijd en de mate waarin deze droogvallen in zeer droge zomers. Het getal tussen haakjes betreft het aantal wateren, de foutbalk geeft de standaarddeviatie aan.

6.3.2 Tweede meetronde in juni 2021 na een redelijk nat voorjaar

De tweede meetronde heeft eind juni 2021 plaatsgevonden. Dan is het watervolume in een poel of klein ven door verdamping afgenomen, hierdoor ontstaat een indampingseffect waardoor gehalten in de zomer hoger kunnen zijn dan in de winter/voorjaar. Eventuele indampingseffecten zijn helaas niet goed te scheiden van concentratiewijzigingen door andere (biochemische) processen. Relevant bij wateren: K11, H2, H3, H4 en H12

(waterdiepte afname >1,8); waarschijnlijk ook bij H8, H11 en P8 (afname waterdiepte circa 1,5). In overige wateren is het verschil in waterdiepte in maart en juni een factor 0,9 tot 1,25 (respectievelijk lichte stijging en lichte daling waterdiepte).

Tevens kan door waterpeilverschillen een lokale grondwaterstroming optreden vanuit of naar een poel/ven (zie Figuur 28 op blz. 61). Met name in putten K 2, K3, K5 en K9 met een stijgende waterstand is enige toestroom van (grond-) water opgetreden in de periode maart-juni 2021. In putten K10, H1 en H10 is de daling 1 à 2 cm dat ook duidt op enige toestroom van water.

Het waterpeil in Brabantse Hoek is in maart 2021 gelijk aan of enkele decimeters lager dan de oude en jonge leemkuilen. In juni 2021 is het waterpeil in Brabantse Hoek enkele decimeters tot een halve meter lager dan de jonge en oude leemkuilen. Dit kan invloed hebben op lokale grondwaterstroming onder en boven de leemlaag.

De grote piek in opgelost zwavel (=sulfaat) is dan voor twee-derde verdwenen, vooral merkbaar in de oude droogvallende leemkuilen. Aangezien de meeste leemkuilen geen oppervlakkige afvoer kennen in voorjaar en zomer, ligt het voor de hand dat dit verdwenen sulfaat grotendeels weer als zwavel is vastgelegd aan de waterbodem. Deze zwavelreductie is een gevolg van de afbraak van organisch materiaal, waarbij bacteriën sulfaat als elektronenacceptor gebruiken. Verder leiden deze processen tot het vrijkomen van stikstof en kalium en mobilisatie van ijzer gebonden fosfaat. Al deze parameters lopen dan ook sterk op in de drooggevallen, oude leemkuilen, behalve het ijzergehalte (Figuur 31). IJzer is zeer redoxgevoelig en slaat al snel weer neer. De buffercapaciteit in de oude leemkuilen stijgt daarbij gemiddeld boven de 1 milli-equivalent per liter, een kritische grens waarboven vooral algemene waterplanten groeien die bicarbonaat als aanvullende koolstofbron kunnen gebruiken. Verwacht mag worden dat de buffercapaciteit nog verder oploopt, naarmate de leemkuilen langer waterhoudend zijn. De poelen rondom Heidekreiten ontvangen hun buffering eerder uit de minerale ondergrond en zijn in beide perioden al wat te sterk gebufferd voor planten van zwak gebufferde wateren. Opvallend is ook dat in alle wateren de concentratie orthofosfaat stijgt en alleen in de jonge, stabiele leemkuilen in de range van voedselarme, zwak gebufferde wateren blijft. Ook de concentratie kooldioxide is daar laag genoeg om de groei van bodem bewonende waterplanten van zwak gebufferde wateren mogelijk te maken, zoals gesteeld glaskroos.

6.3.3 Watermonsters waterschap de Dommel

In 1992 is door dhr G. Schouten, van de toenmalige landinrichtingsdienst, 4x een watermonster genomen in één van de oude leemkuilen. Deze zijn geanalyseerd door het laboratorium bij waterschap de Dommel. Ook toen volgde de metingen op een droge periode in 1990 en 1991. Er is ongeveer dezelfde sulfaatmobilisatie in de waterlaag aanwezig: 1100 micromol (110 mg)/liter in april en dalend naar 640 micromol/liter aan het einde van het jaar. Ook in de calcium- en magnesiumconcentraties zijn dezelfde trends zichtbaar. De concentratie bicarbonaat is ook gemeten en is in april minder dan 100 micromol (6 mg)/liter en stijgt vervolgens naar ongeveer 300 micromol per liter. Dat laatste is wat lager dan in 2021 gemiddeld is aangetroffen, maar valt wel binnen de waargenomen range. De periodieke invloed van verdamping (indampingseffect) en van zwaveloxidatie en -reductie lijkt dus al een flinke tijd aanwezig te zijn.

6.3.4 Sloten rondom de Leemkuilen

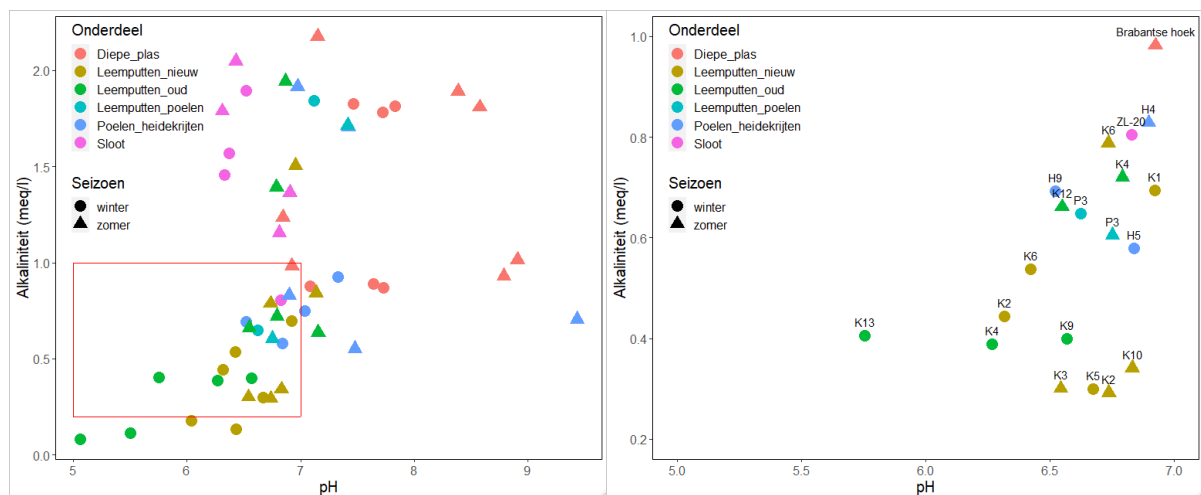
Rondom de Leemkuilen zijn sloten aangelegd t.b.v. de ontwatering en afwatering van de landbouwpercelen, stedelijk gebied en wegen. Waar de leem is afgegraven en vervangen door zand, zoals aan de noordwestzijde van de Leemputten, hebben alle sloten een sterke ontwaterende invloed op de deklaag en onderliggende eerste watervoerende laag. Waar de leemlaag niet is afgegraven, hebben de diepe sloten vooral een ontwaterende invloed op de zandlaag onder de bovenste leemlaag. De waterstroming boven deze leemlaag wordt dan bepaald door verhang of opbolling boven de leemlaag t.o.v. de bovenkant leemlaag. Als het waterpeil in een sloot of waterloop hoger is dan bovenkant leemlaag dan beïnvloed het slootpeil de stroming boven de leemlaag..

Hieronder wordt iets dieper ingegaan op de analyseresultaten van de oppervlaktewaterkwaliteit en bodemvocht kwaliteit per groep aan wateren.

6.3.5 Poelen noordwestzijde

Oppervlaktewaterchemie poelen noordwestzijde:

De waterkwaliteit is in poelen P1 en P3 gemeten in zowel de winter als de zomer (voor de ligging van de poelen wordt verwezen naar Bijlage 1). De poelen waren in de winter en zomer vrij vergelijkbaar qua waterkwaliteit (zie Bijlage 19), ook de waterstand varieerde weinig (zie Tabel 9 op blz. 62). Het water was ijzerhoudend, relatief rijk aan totaal fosfaat, maar wel arm aan anorganisch stikstof en sulfaat. Poel 1 was rijker aan bicarbonaat, chloride, alkaliniteit en kationen (mogelijk door meer grondwaterinvloed en/of reductieprocessen). De poelen zijn qua fosfaat te voedselrijk voor een zwak gebufferd water. Poel 1 bevat ook veel watercrassula. Poel 3 is meer een zwak-gebufferd water en valt wel binnen de bufferrange (gemiddelde pH 6,7, alkaliniteit 0,6 meq/l; Figuur 32) wat overeenkomt met het voorkomen van vegetatie van waterpostelein en knolrus (zachtwatersoorten) in deze poel.



Figuur 32: Links) alkaliniteit (meq/l) uitgezet tegen de pH van de metingen in de oppervlaktewateren. De rode lijnen geven de range weer van zwak-gebufferde vennen. Rechts) ingezoomd op het gebied binnen de rode lijnen.

6.3.6 Bodem(vocht)chemie Leemkuilen

Diverse van de kuilen waarvan de bodem is onderzocht hadden een slibbodem (K3, K4, K5, K6 en K10) (zie o.a. Figuur 29) welke soms sterk organisch was (K4 en K6, > 20% OS). De totaal-P concentratie was gemiddeld 16,6 mmol/kg drooggewicht. De sliblagen waren deels wat lemig. De sliblaag van K4 was het meest rijk aan P, S en Fe en het betreft een oude leemput. K6 (een 'nieuwe' leemput) was het meest rijk aan Ca. Het bodemvocht van de sliblagen was niet sterk P-rijk (< 25 $\mu\text{mol/l}$), maar wel rijk aan ammonium (gemiddeld 250 $\mu\text{mol/l}$) en tevens ijzerhoudend. De Fe/P ratio's lagen tussen 5 en 10 (figuur pp). Een Fe/P ratio lager dan 1 geeft een zeer sterk risico op P-nalevering vanuit de waterbodem naar de waterlaag. K10 ('nieuwe' leemput) had de laagste Fe/P ratio, en in het veld werd hier sulfidegeur geroken, wat duidt op sulfaatreductie (zuurstofloze omstandigheden). Het bodemvocht in K6 (oude leemput) was het meest verzuurd (pH van 5,6) en bevatte de hoogste sulfaat- en TIC-concentraties, mogelijk doordat deze put was drooggevalen in de zomer ervoor (oxidatieprocessen). De CO_2 concentraties lagen tussen 700-3500 $\mu\text{mol/l}$ en waren hoger dan de HCO_3^- concentraties.

De vaste bodems bestonden uit leem, zoals bij K1, lemig zand (H4) of zandig leem (o.a. K6) (Figuur 29). De bodems waren doorgaans ijzerhoudend, calciumhoudend en arm aan zwavel. De vaste bodems hadden beduidend hogere Fe/S en Fe/P ratio's dan de sliblagen.



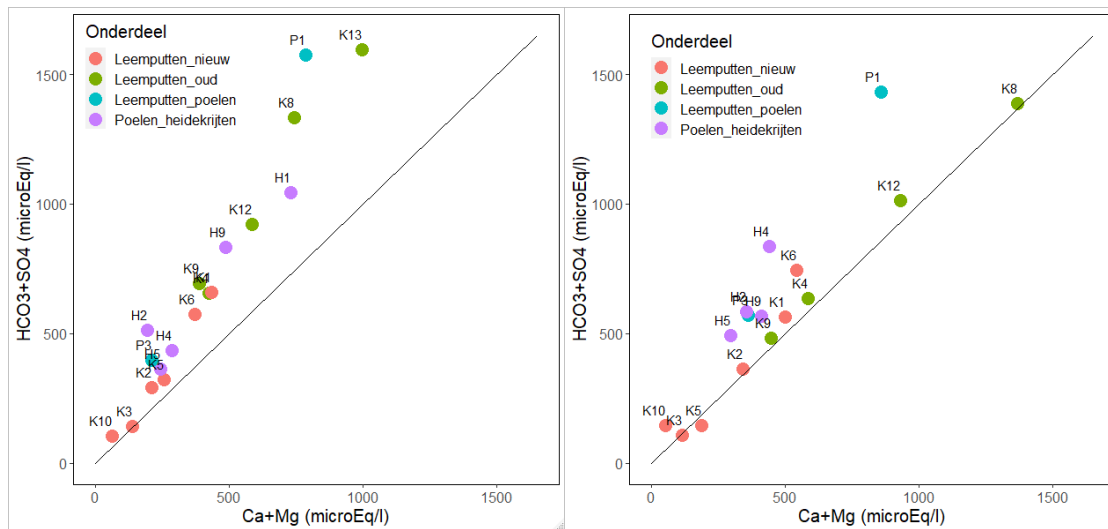
Figuur 33: Linksonder - H5 watercrassulamat in maart 2021; Rechtsboven - slibbodem uit K10; Linksonder - leembodem uit K1; Rechtsonder - slibbodem uit de Heidekreiten.

6.3.7 Oude Leemkuilen

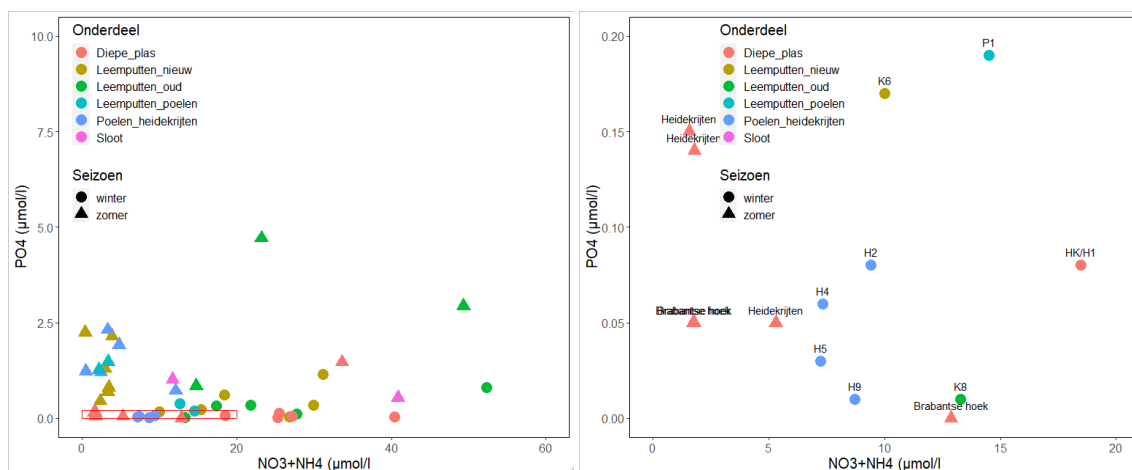
Oppervlaktewaterchemie (OW) Leemkuilen Oud (K4, 8, 9, 12 en 13):

Het OW is doorgaans zwak gebufferd met pH waarden overwegend tussen de 6 en 7 (soms <6) en een alkaliniteit meestal < 1 meq/l (gemiddeld 0,68 meq/l; zie Bijlage 19). In de zomer is de buffering doorgaans hoger wat wijst op (anearobe) reductieprocessen wat buffering genereert. Dit lijkt sterk het geval in K8, K12 en K13, waar met name in K8 en K13 de bicarbonaatconcentratie hoog is. De correlatie tussen bicarbonaat+sulfaat en kationen (Ca+Mg) geeft weer dat de kationen in het water het gevolg zijn van toestromend grondwater en/of afbraakprocessen na droogval (Figuur 34). Zoals hierboven beschreven zijn vooral in de droogvallende putten hoge sulfaatconcentraties gemeten in maart 2021. De stikstofconcentraties waren overwegend laag in de winter en zomer 2021, behalve in K8 en K13 in de zomer (>200 $\mu\text{mol/l}$ ammonium). De totaal-P concentraties waren doorgaans aan de hoge kant >1 $\mu\text{mol/l}$ (Figuur 35figuur xx). Dit is waarschijnlijk het gevolg van de afbraakprocessen (mede onder invloed van sulfaat) en is ongunstig voor zwakgebufferde venvegetaties.

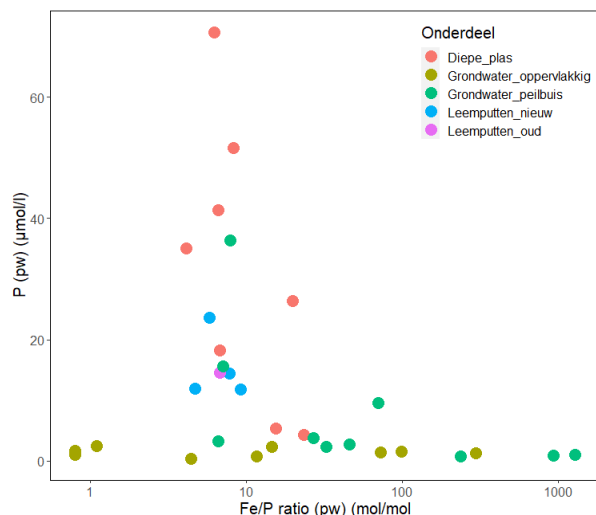
Zeer hoge P-waarden zijn gemeten in de zomer in K8, K12 en K13 (en K9). In K13 was ook het EGV-gehalte en concentratie kationen het hoogst. De CO₂-concentratie was vaak hoger dan 100 µmol/l, wat voor isoëtiden aan de hoge kant is.



Figuur 34: Correlatie tussen de concentratie basische kationen op de x-as en de som van bicarbonaat + sulfaat (gemeten als totaal zwavel) in het oppervlaktewater van de verschillende wateren (in micro-equivalenten/l; waarbij de bivalente ionen sulfaat, calcium en magnesium dus dubbel zijn meegeteld). Links) zomermetingen, rechts) wintermetingen. De zwarte lijn geeft een 1:1 verhouding aan.



Figuur 35: Links) orthofosfaat (PO₄ in µmol/l) uitgezet tegen anorganisch stikstof (NO₃+NH₄ in µmol/l) van de metingen in de oppervlaktewateren. Enkele metingen in de sloot en oude kuilen vallen buiten de grafiek. De rode lijnen geven de range weer van voedselarme vennen. Rechts) ingezoomd op het gebied binnen de rode lijnen.



Figuur 36: Fosfor (P in $\mu\text{mol/l}$) uitgezet tegen ijzer: fosfor ratio (Fe/P in mol/mol) van de metingen in het bodemvocht/poriewater en grondwater. De ijzer/fosforratio is ongunstig onder een ratio van 1.

Oppervlaktewaterchemie (OW) Leemkuilen Nieuw (K1, 2, 3, 5, 6 en 10):

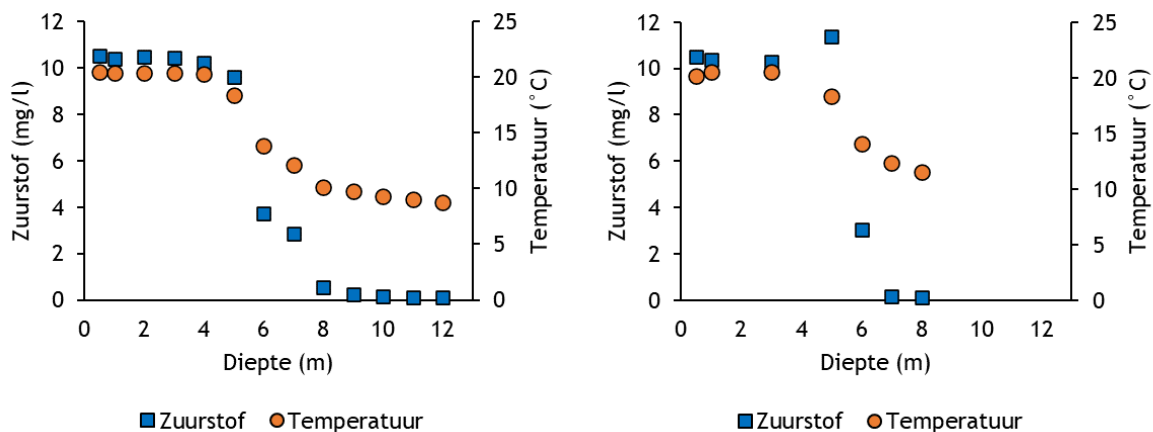
Het OW in de nieuwe kuilen is doorgaans zwak-gebufferd met pH waarden overwegend tussen de 6 en 7 en alkaliniteit < 1 meq/l (gemiddeld 0,53 meq/l) (Figuur 32). In de zomer is de buffering in de meeste putten iets hoger dan in de winter, wat ook hier duidt op reductieprocessen. De stikstofconcentraties in de putten waren laag in zowel de zomer als winter. De totaal-P concentraties waren doorgaans aan de hoge kant, >1 $\mu\text{mol/l}$, hoewel de ortho-P concentraties in de winter vaak lager waren dan 0,5 $\mu\text{mol/l}$, maar niet zeer laag ($<0,2$ $\mu\text{mol/l}$). De totaal-P concentraties in de nieuwe putten waren lager dan in de oude putten. K1, K2, K3 en K10 hadden of in de winter of in de zomer de laagste P-concentraties. K6 en in mindere mate K1 bevatten meer sulfaat en calcium dan de andere putten. Dit duidt op meer invloed van droogval (oxidatieprocessen) of toestroom van hierdoor beïnvloed grondwater..

6.3.8 Diepe plassen

Bodem(vocht)chemie diepe plassen:

Bodem: de dieptes van de bodems varieerde binnen de plassen (Figuur 37), waar de maximale gemeten diepte in de Brabantsehoek circa 16 m (oosthoek) en in Heidekreiten circa 12 m was. Dit komt overeen met de dieptekaart gemaakt in 2014 (Seelen, 2014).

In de zomer van 2021 waren beide plassen wel gestratificeerd (temperatuur en zuurstof, Figuur 38) en iets meer alkalisch. De stratificatie houdt in dat er een tweedeling in de waterlaag ontstaat; de warme toplaag wordt het epilimnion genoemd en de koude onderlaag het hypolimnion. Voor zwak-gebufferde wateren was de alkaliniteit in het epilimnion van de Brabantse hoek nog net binnen de range (ca 1 meq/l). In 2014 was de alkaliniteit in de Brabantse hoek 0,8 meq/l (Seelen, 2014). De P-concentraties in de hypolimnia waren wat hoger dan in de epilimnia. Het epilimnion was relatief P-arm (ca 0,5 $\mu\text{mol/l}$ en <0,2 $\mu\text{mol ortho-P/l}$, zie Bijlage 19). Het hypolimnion van de Brabantse hoek was een stuk rijker aan P (11 $\mu\text{mol/l}$) en ook rijker aan Fe en NH_4 . In 2014 werd in de Brabantse hoek een totaal-P concentratie gemeten van 0,6 $\mu\text{mol/l}$; dit is echter op basis van de gehele waterkolom (Seelen, 2014). De hypolimnia hadden lagere pH-waarden dan de epilimnia, wat kan komen door primaire productie in de epilimnia. In 2014 werden vergelijkbare pH-waarden gevonden (range 8,4-6,8) in de Brabantse hoek, de calciumconcentratie lijkt in 2014 wat lager geweest te zijn (Seelen, 2014). Het doorzicht was in 2014 wat groter dan in de winter 2021 met 285 cm in de Heidekreiten en 295 cm in de Brabantse hoek. In de zomer van 2014 was het doorzicht 330 cm en was er ook een stratificatie qua temperatuur en zuurstof (Seelen, 2014).



Figuur 38: Zuurstof- en temperatuurprofielen in 2021 in de diepe plassen (niet gemeten tot op maximale diepte). Links: Brabantse hoek. Rechts: Heidekreiten.

6.3.9 Poelen rondom Heidekreiten

Oppervlaktewaterchemie:

De nieuwe poelen hebben gemiddeld een iets hogere pH dan de Leemkuilen met name in de zomer (pH gem. 7,3). De alkaliniteit ligt hier wel doorgaans < 1 meq/l (Tabel yy), maar altijd hoger dan 0,5 meq/l. De poelen zijn minder ijzerrijk dan de oude Leemkuilen. De stikstofconcentraties waren laag. In H1, H4 en H9 waren de totaal-P concentraties > 3 $\mu\text{mol/l}$ in de zomer, wat hoog is voor zwak-gebufferde vennen. In H2 (knolrus) en H5 (teer vederkruid) was dit lager dan 1 $\mu\text{mol/l}$. Ook waren hier de CO_2 concentraties beduidend lager dan in de andere poelen (m.n. H5: ook een hoge pH). H4, H5 en H2 hadden tevens een zeer lage EGV wat duidt op minder grondwaterinvloeden. Van de gemeten poelen lijken met name de poelen H2 en H5 het meest geschikt voor zwak-gebufferde vegetaties.

Aan de noordzijde en de zuidoostzijde van de Leemkuilen lopen diepe ontwateringssloten, met de namen ZL-23 en ZL23.1, respectievelijk ZL-22. Eind juni 2021 is onder meer in deze sloten een watermonster genomen. Het water in de ZL-23 is matig gebufferd (1,3 meq./liter) en in de ZL-22 nog wat sterker (2,0 meq./liter) (Bijlage 19). Verder is het water arm aan sulfaat, maar rijk aan ijzer en fosfaat. In de sloot waren zwevende ijzerdeeltjes (of ijzerrijke humusdeeltjes) zichtbaar. Waarschijnlijk gaat het dus om neergeslagen ijzer waaraan ook fosfor gebonden is. Dit ijzer duidt er wel op dat de sloten ijzerhoudend grondwater afvangen. Opmerkelijk is dat dit

grondwater niet rijk is aan sulfaat. Verder is ook de sloot ZL-20 bemonsterd, aan de zuidoostzijde van het de Brabantsehoek. Deze sloot is veel armer aan ijzer, waarschijnlijk vanwege een relatief hogere waterstand (vaak hoger dan waterplas Brabantse Hoek. Sloop ZL-xx tenslotte, die ligt in het terrein ten zuidwesten van de Heidekreitenpoelen H6-H8, is extreem rijk aan ijzer en bevat ook vrij veel sulfaat (foto 14) . Het is duidelijk dat de (meeste) sloten doen waarvoor ze zijn aangelegd, namelijk het draineren van het oppervlakkige grondwatersysteem.



Foto 14: Foto van de ijzerhoudende sloot sloot ZL-xx. De sloot was niet sterk watervoerend op moment van bemonsteren.

7 Natuurwaarde

7.1 Watervegetaties

Onderstaande tekst is gebaseerd op Natuurwaarden zoals omschreven op Natura2000 Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen (Natura2000, 2020)

*De tichelgaten van De Leemkuilen herbergen zwak gebufferde vennen (H3130) met soorten als Ondergedoken moerasscherm (*Apium inundatum*), Pilvaren (*Pilularia globulifera*), Moerashertshooi (*Hypericum elodes*), Gesteeld glaskroos (*Elatine hexandra*) en Kruipende moerasweegbree (*Baldellia ranunculoides* subsp. *repens*). Ook groeit hier Drijvende waterweegbree (*Luronium natans*). Dergelijke begroeiingen zijn ook te vinden in het Galgenwiel, een oude doorbraakkolk in het noordwesten van het gebied, met onder andere Moerashertshooi, Snavelzegge (*Carex rostrata*) en ook hier Drijvende waterweegbree. De wateren van De Brand en De Leemkuilen zijn van bijzondere betekenis voor amfibieën met acht van de twaalf soorten die in Noord-Brabant voorkomen. Zo is de Kamsalamander in De Brand op enkele tientallen plekken aanwezig. In De Leemkuilen gaat het om een kleine populatie van deze soort in het zuidwesten van het gebied. Samen met nog enkele, geïsoleerde plekken in de directe omgeving (onder andere bij Huis ter Heide) vormen deze locaties het belangrijkste leefgebied van de Kamsalamander in Noord-Brabant. Bijzonder is verder het voorkomen van de Boomkikker, die eind vorige eeuw in Noord-Brabant nog op het punt van uitsterven stond. Door gerichte bescherming en beheer telt de populatie binnen het Natura 2000-gebied inmiddels weer ruim 600 volwassen dieren. Tussen De Brand en De Leemkuilen is een ecologische verbindingszone ingericht. De Brand en De Leemkuilen zijn een goed gebied voor moerasvogels als Blauwborst en Waterral. Geregeld wordt het Porseleinhoen gehoord en soms zelfs de Woudaap. In 2002 vestigden zich aalscholvers in De Leemkuilen, waarvan de kolonie inmiddels is uitgegroeid tot enige tientallen nesten.*

De huidige natuurwaarde van de Leemkuilen gaat achteruit door de verdrogingsproblematiek en achteruitgang van de waterkwaliteit. Bijzondere soorten zoals de Boomkikker en de Drijvende waterweegbree zijn bedreigde- of kwetsbare soorten met een kleine populatiedichtheid waardoor de soorten meer kwetsbaar zijn.

Van de Drijvende waterweegbree zijn planten op enkele locaties waargenomen waardoor dit geen stabiele populatie omvat. Uitbreiding van de soort kan worden verricht door herstelmaatregelen. Zeer waarschijnlijk kan de populatie zich weer uitbreiden als de omgeving weer voldoet aan de standplaatsfactoren. Zaden van de Drijvende waterweegbree zullen namelijk goed kunnen overleven in de waterbodem (zaadbank).

Natura2000 instandhoudingsdoelstellingen wat betreft habitattypen zijn gericht op het behoud van zwakgebufferde vennen (2017).

Natura2000 instandhoudingsdoelstellingen wat betreft de habitatsoorten zijn gericht op behoud en uitbreiding van Drijvende waterweegbree en Kamsalamander (2017).



Figuur 39: Ligging van het projectgebied en aangewezen habitattypen en soorten

De wateren in het natuurgebied de Leemkuilen, bij Udenhout, zijn allen gegraven maar kennen verder een sterk verschillende oorsprong en ontwikkeling. Vegetaties van zwak gebufferde vennen komen nog in matig ontwikkelde vorm voor op een aantal plekken, waar watercrassula op veel plekken talrijk voorkomt. Om meer te kunnen zeggen over de kansen van vegetaties van zwak gebufferde wateren in het gebied, is een verdere indeling van de wateren nodig in wateren die ecologisch min of meer op dezelfde manier functioneren. Deze indeling is hieronder aangebracht.

Rond 1930 is begonnen met de winning van leem ten behoeve van de baksteenindustrie. Dit aanvankelijk aan de noordkant van het terrein, waar nu grotendeels geen leemkuilen meer aanwezig zijn. Pas na de tweede wereldoorlog zijn de nu nog aanwezige leemkuilen in het centrale deel van het gebied gegraven, waarbij vrijkomende dekgrond waarschijnlijk is gebruikt om de oudste leemkuilen mee te dichten. Een goed ontwikkelde vegetatie van zwak gebufferde wateren werd gemeld uit de jaren zestig van de vorige eeuw, dus slechts ongeveer twintig jaar na het graven van deze plassen. Toen waren onder meer gesteeld glaskroos, kleinste egelskop, wijdbloeiende rus, kruipende waterweegbree en ondergedoken moerasscherm aanwezig (Londo, 1967). Andere bronnen vermelden dan weer oeverkruid, pilvaren en moeraswolfsklauw (Inberg, et al., 2009).

De kuilen die nu nog de meeste elementen van zwak gebufferd water bevatten zijn overigens pas eind jaren zeventig of begin jaren tachtig gegraven (de Nieuwe Leemkuilen). Alles wijst er op dat veel soorten afhankelijk zijn van een pioniersituatie met een vrij kale bodem en oevers. Door de ontwikkeling van hoge oevervegetaties en door bosvorming vindt snel accumulatie van organisch materiaal plaats en worden de kuilen ongeschikt voor de meeste zachtwater-soorten.

Tabel 11: Overzicht van de aangetroffen vegetatie in de wateren in de Leemkuilen van Udenhout. D= dominant, C = codominant, A= Abundant, F= frequent, O=af en toe (occasional), R= zelden (rare)

	Poelen Heidekrijten												Poelen Molenbaantje					Leemkuilen nieuw					Leemkuilen oud					Heide-	Brabantse							
	H1	H1a	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	P1	P2	P3	P4	P8	P9	Oost v P11	K1	K2	K3	K5	K6	K10	K4	K7	K8	K9	K12	K13	krijten	west	oost	
Juncus acutiflorus			F		O	O				O																										
Mentha aquatica		C	O		O	F				R	F				O									F												
Potamogeton natans			D					R		D		C														R										
Hypericum elodes						F	F																													
Veronica scutellata		O			F	R				R		R		R	R						R												R			
Eleocharis palustris			F			F	A	C		A				F			O	C	A																	
Hydrocotyle vulgaris			O		R	O	F	F		A								F	O	F	O															
Oenanthe aquatica							R	R					O					A	F	A													A			
Rorippa amphibia									A						F		O	A	O						F											
Ranunculus peltatus	R		R		O		R	R	R			O		F	C	F		R		F	O					R							R		R	
Callitriche brutia															F	O				F	F				C							O	A			
Lythrum portula	R															F	R				O	R			R								O			
Lemna minuta																									A	C							F	D		
Juncus bulbosus			F												R						F	O			A	A		R				R	A			
Potamogeton obtusifolius																									R	R									R	
Elodea nuttallii																					R				R	R	R		R							
Potamogeton trichoides															O						O				R	R						F				
Hydrocharis morsus-ranae																									R	O	R									
Riccia fluitans															R						R			O	R	R										
Calliergonella cuspidata																			F					R	O	R		R								
Elatine hexandra																					O															O
Myriophyllum alterniflorum							D														F														R	F
Nitella translucens																																				
Algenbloei	C																																			
Alisma plantago-aquatica																		O	F																	
Alopecurus aequalis																																				
Amblystegium varium																																				
Archidium alternifolium																																				R
Callitriche spec.	R																									A										
Carex disticha						O																														
Carex vesicaria													R																							
Ceratophyllum demersum														D	A																		O			
Crassula helmsii	C	D	D	D	D	A	D	D	A	C	C	C	C	C	F	O	A	C	F				D	R	O	C						O		A	D	
Draadalg												C																							C	
Eleocharis acicularis	A			A			F							O			A				O	O	F				R						O			
Equisetum fluviatile																				A																
Fontinalis antipyretica																										O										
Glyceria fluitans													F						F																	
Glyceria maxima																	A																			
Hottonia palustris														O																						
Juncus articulatus																				F																
Lemna minor											F	C			F	O	A				F	F	A	F		O	F	F	F	O		F				
Mentha pulegium																O																				R
Myriophyllum spicatum															O																			A		
Nuphar lutea																																		R		
Nymphaea alba												C		O												O		A						R		
Nymphoides peltatus							O			O																										
Persicaria amphibia															O					A														R		
Persicaria lapathifolia	F																																			
Potamogeton crispus																																			R	
Potamogeton friesii																																				
Potamogeton lucens													O																							
Potamogeton pusillus				O																														R	O	F
Riccia canaliculata																																				
Sparganium emersum																			D																	
Utricularia vulgaris/australis												R																								
Wamstorfia fluitans																											F									

7.1.1 Oude leemkuilen

De oude leemkuilen (van net na de oorlog) hebben vrijwel allemaal een weinig interessante vegetatie door een langere successieperiode. De wallen tussen de kuilen zijn zwaar bebost geraakt en daardoor waaien grote hoeveelheden blad de leemkuilen in. De bodem is zuurstofloos en het uit het blad vrijkomende zwavel wordt omgezet in sulfide. Dit maakt de bodem grotendeels ongeschikt voor wortelende waterplanten. De oevers zijn meest steil en beschaduwd, waardoor ook daar weinig waterplanten voorkomen. Waterplanten beperken zich grotendeels tot ondiepe delen en ondergedoken welvingen, waar weinig slib en blad blijft liggen. Maar ook hier

is de plantengroei beperkt; in enkele plassen is wat knolrus (*Juncus bulbosus*) en haaksterrenkroos aangetroffen (Tabel 11). Door het vrijkomen van voedingsstoffen uit de sliblaag ontstaan algenbloei en kroosdekken, en dus een slecht lichtklimaat. In de grote leemkuil K4 is in 2019 vrij veel gesteeld glaskroos gevonden op drooggevallen, lemige bodem (Verhees, et al., 2020)

De putten K8, K12, K13 lijken ongeschikt voor zwak-gebufferde venvegetaties. In K8 en K13 zijn dan ook alleen kroossoorten waargenomen. In K12 staan nog wel zachtwatersoorten als waterpostelein en knolrus. K4, K9 (oude putten) en K5 en mindere mate K3, K10 en K6 lijken ook chemisch minder geschikt (teveel P en/of N). In K10 was verder een dikke sliblaag, en relatief hoge stikstofconcentraties in waterlaag en werden alleen enkele algemene soorten gevonden. K2 en K1 waren het minst P-rijk in de zomer en hier werden verschillende zachtwatersoorten gevonden.

7.1.2 Jonge leemkuilen

De jongere leemkuilen die in het kader van natuurontwikkeling in de jaren ‘80 en ‘90 van de vorige eeuw zijn aangelegd op basis van het ontwerp van Londo (Londo, 1967), hebben een veel minder lange periode van dichtgroeien en ophoping van organisch materiaal gekend. De bodem is nog tamelijk mineraal, en er vindt nog weinig nalevering van voedingsstoffen uit sliblagen plaats. De watervegetatie is beter ontwikkeld. Helaas profiteert watercrassula hiervan, en zijn kroossoorten, smalle waterpest en watervorkje de meest voorkomende waterplanten (Tabel 11). Deze eutrafente soorten duiden op een al aanzienlijke eutrofiering. Maar ook kenmerkende soorten van zachte wateren zijn nog hier en daar aanwezig: stomp en puntig fonteinkruid (*Potamogeton obtusifolius*, *P. friesii*), doorschijnend glanswier (*Nitella translucens*), teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) en gesteeld glaskroos (*Elatine hexandra*). Ook in 2019 is gesteeld glaskroos vrijwel uitsluitend gevonden in leemkuil K1 (Verhees, et al., 2020).

7.1.3 Brabantse hoek

Een heel andere situatie is aanwezig in de grote zandwinplassen, die verschillen per plas zijn bovendien groot.

De Brabantshoek is in diverse fases gegraven tussen 1950 en 2000. Het grote oppervlak (ca 37,8 ha) zorgt voor een flinke windwerking, waardoor organisch materiaal van de ondiepe delen wordt afgevoerd naar de diepe delen. Op de tamelijk minerale, ondiepe bodem zijn naast soorten van hard water ook diverse plantensoorten van zacht water aanwezig, met name Teer vederkruid en Stomp fonteinkruid. De oostoever is vrij vlak afgewerkt en door de golfslag en windwerking blijft deze oever vrij kaal. In principe zijn dit gunstige omstandigheden voor vegetaties van zwak gebufferde, koolstof gelimiteerde wateren. Helaas heeft watercrassula deze oever vrijwel volledig dichtgegroeid en zijn soorten als naaldwaterbies en gesteeld glaskroos grotendeels verdrongen. In 2021 staat er na drie droge zomers, voor het eerst weer langdurig water op de watercrassula-vegetatie in de zomer. Hierdoor sterft deze gedeeltelijk af. Waarschijnlijk geholpen door het hierbij vrijkomende kooldioxide vestigt zich nu vrij veel teer vederkruid tussen deze geleidelijk achteruit gaande matten. Tijdens een vegetatie-opname in 2014 werden al duikend vier macrofytensoorten aangetroffen, waarvan 1 rode lijst soort (gesteeld glaskroos) (Seelen, 2014). De maximale diepte waarop planten werden gevonden was 5,9 m. Teer vederkruid en stomp fonteinkruid werden destijds niet aangetroffen, maar wel smalle waterpest, moerassikkelmos en stijve waterranonkel. De chlorofylconcentratie was destijds laag (2 µg/l o.b.v. hele waterkolom). Ook in 2021 werd geen algenbloei waargenomen. Tijdens een inventarisatie in 2019 is in de hele oeverzone regelmatig teer vederkruid aangetroffen (Verhees, et al., 2017). Ook is met name aan de noordoostzijde gesteeld glaskroos aangetroffen.

7.1.4 Heidekreiten

De Heidekreiten is van recenter datum, gegraven tussen ongeveer 1990 en 2005. Bij de afwerking is de plas gedeeltelijk weer opgevuld met een bonte verzameling van partijen restgrond uit de wijde omgeving. Mede door de sterkere doorstroming met gebufferd water uit het eerste watervoerende pakket, heeft Heidekreiten een hogere buffering dan Brabantse hoek. De sterkere doorstroming wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de tijdelijk lagere drempelhoogte aan de uitstroomzijde van de plas aan de oostzijde. De drempelhoogte was oorspronkelijk op 8,8 m. +NAP ingesteld om onnodige uitstroming van water uit de Heidekreitenplas te voorkomen. De drempelhoogte is later door de beheerder tijdelijk verlaagd tot 8,0 m. +NAP om overstroming van de boomkikkerpoelen te voorkomen, waardoor hier vis en exoten in zouden kunnen komen. Recentelijk is de uitstroomhoogte weer hersteld tot 8,8 m. +NAP. Hierdoor is er wel een risico op inundatie van de boomkikkerpoelen in natte winters (zie verder de uitleg in paragraaf 2.4.2).

Vegetatie is alleen zichtbaar aanwezig in de ondiepe delen en op de oevers. Hier domineren soorten van harde, tamelijk voedselrijke wateren zoals aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*), gekroesd fonteinkruid (*Potamogeton crispus*) en smalle waterpest, ondanks dat het water in het epilimnion niet zeer voedselrijk is (= bovenste waterlaag in de zomer). Aan de oevers komt lokaal minder hard grondwater toestromen en zijn soorten van zacht water beperkt aanwezig, voor zover watercrassula hier niet dominant is. Hier is in 2019 ook slijkgroen (*Limosella aquatica*) aangetroffen, een soort van droogvallende oevers van vooral sterk gebufferde wateren (Verhees et al., 2020). Cools (2004) vermeldt voor de Heidekreiten ook gesteeld glaskroos in de nog kale beginsituatie.

Het is opmerkelijk dat de Brabantse Hoek slechts zwak tot matig gebufferd water bevat, en de Heidekreiten vrij sterk gebufferd water. Er zijn meerdere mogelijke redenen. De eerste is dat de invloed van sterk gebufferd grondwater in de Heidekreiten groter is, omdat de plas tijdelijk een lagere drempelhoogte heeft gehad, waardoor er bij stijghoogten in het eerste watervoerende pakket hoger dan de drempelhoogte, het grondwater in de Heidekreiten stroomde. Tevens ligt Heidekreiten bovenstrooms van Brabantse Hoek, zodat grondwater stromend vanuit het zuidwesten "eerst" in waterplas Heidekreiten kan stromen. Vanuit Leemkuilencomplex kan lokaal grondwater stromen naar Brabantse Hoek (met relatief laag waterpeil). Het waterpeil in Heidekreiten is veelal hoger dan Leemkuilputten, zodat in Heidekreitenplas weinig lokaal grondwater instroomt. Maar het is ook goed mogelijk dat de buffering komt vanuit de niet afgegraven delen goed gebufferde Brabantse leem aan de zuidzijde (zie waterkwaliteit PB1) en van de aangebrachte menggrond.

7.1.5 Poelen rond Heidekreiten

Door het aanbrengen van de menggrond hebben de aangelegde (amfibieën-)poelen aan de zuid- en westzijde zich minder mooi ontwikkeld dan verwacht. In deze poelen vestigde zich watercrassula, die zich vervolgens explosief heeft uitgebreid. In sommige poelen zijn zachtwatersoorten aanwezig, met name moerashertshooi en teer vederkruid. Verder zijn drijvend fonteinkruid, veldrus (*Juncus acutiflorus*) en watermunt (*Mentha aquatica*) vooral in deze poelen aangetroffen (Tabel 11). In het verleden is hier ook witte waterranonkel aangetroffen, maar deze is niet met zekerheid aangetroffen, evenmin als tijdens de floristische inventarisatie in 2019 (Verhees, et al., 2020). Deels is hier sprake van stagnatie van het neerslagoverschot op een slecht doorlatende (leem-)laag, waardoor het water weinig gebufferd is. Aan de westrand stroomt mogelijk ook lokaal wat grondwater toe in de wintermaanden. Intrigerend is de vegetatie in de vrij diepe poel H5. In de ondiepe delen domineert watercrassula, maar in de diepere delen is dat teer vederkruid. Het lijkt er op dat delen die nooit droogvallen ongeschikt zijn als groeiplaats voor watercrassula, waardoor er ruimte ontstaat voor waterplanten van zachte wateren.

Net na de aanleg zijn er diverse planten van zwak gebufferde wateren aangetroffen, met name in de brede sloot aan de zuidwestrand van het gebied (Cools, 2004). Dit zijn vlottende bies, moerashertshooi, ondergedoken moerasscherm en teer vederkruid. Hiervan hebben alleen moerashertshooi en teer vederkruid

zich kunnen handhaven in een enkele poel. De randsloot is inmiddels sterk beïnvloed door overhangende wilgen.

7.1.6 Poelen noordwestzijde

De poelen aan de noordwestzijde (in en om het Molenbaantje) kennen letterlijk een roerige geschiedenis. Door leemwinning, opvulling met dekgrond en vervolgens weer het graven van poelen is de bodem meest een mengsel van leem, zand en soms ook voedselrijke toplagen. Op veel plekken is een afwisselende watervegetatie aanwezig, maar nergens zijn vegetaties van zwak gebufferde vegetaties goed ontwikkeld. Ook zijn er geen waterplanten gevonden die vooral in deze poelen voorkomen (Tabel 11). Een aantal oeversoorten zijn gemeenschappelijk met de poelen in de Heidekreiten, alsmede de waterplant grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus*). Twee zachtwatersoorten zijn gemeenschappelijk met de leemkuilen: haaksterrrenkroos (*Callitriche brutia*) en waterpostelein (*Peplis portula*). Een bijzondere vermelding verdient de uitbundige groei van Polei (*Mentha pulegium*) op de oever van P2. Deze zeldzame muntsoort profiteert van de wisselende waterstanden en de begrazing; de soort ontwikkelt zich pas laat in het jaar als de oevers zijn drooggefallen en wordt wegens zijn giftigheid gemeden door de grote grazers.

7.2 Paddenstoelen

Bij een verkennend terreinbezoek vielen al snel de mosrijke, schrale walletjes tussen de leemkuilen op. Dit zijn potentieel geschikte locaties voor een rijke mycoflora van ectomycorrhiza vormende paddenstoelen. De walletjes zelf bieden slechts beperkte wortelruimte voor de bomen, zodat deze gedwongen worden om de beschikbare bodem goed te benutten. Verder is sprake van een voortdurende verschraling, omdat de door de bomen onttrokken voedingsstoffen slechts in zeer geringe mate via het strooisel weer terugkeren in de bodem: het meeste strooisel belandt naast de aanwezige walletjes en vaak in het water. Om toch aan voldoende voedingsstoffen te komen, moet de boom samenwerken met ectomycorrhiza vormende paddenstoelen.

Om een indruk te krijgen van de mycoflora is het grootste deel van de walletjes tussen de oude leemkuilen afgelopen op 30 juli en 14 oktober 2021. Alle grond bewonende soorten zijn genoteerd, behoudens enkele soorten die niet op naam gebracht konden worden. In totaal zijn dat 116 soorten. Hieronder een hoog aandeel ectomycorrhiza vormende paddenstoelen: 69 soorten. Ook zijn in totaal 16 soorten gevonden die op de rode lijst van met uitsterven bedreigde paddenstoelen staan (Arnolds, et al., 2008). Dat is een hoog aantal, aangezien er slechts twee veldbezoeken hebben plaatsgevonden. De werkelijke aantallen soorten liggen vermoedelijk enkele malen hoger.

De walletjes tussen de leemkuilen zijn ingedeeld in 25 trajecten. Op kruispunten of T-splitsingen is een nieuw traject begonnen. Verder zijn sommige trajecten verder onderverdeeld omdat de vegetatie een ander karakter kreeg. Er zijn 4 typen vegetatie onderscheiden:

- Zeer korte vegetatie gedomineerd door mossen (groen in Figuur 40)
- Korte vegetatie gedomineerd door een combinatie van mos en fijnbladig gras (geel)
- Weinig vegetatie met gras en mos, aaneengesloten laag gevallen blad (oranje)
- Ruige vegetatie, meest gedomineerd door bramen en hoge grassen (rood).

In het algemeen zijn korte, mos gedomineerde vegetaties gecorreleerd met een rijke mycoflora en zijn bij een verruigde ondergroei slechts weinig ectomycorrhiza-paddenstoelen aanwezig.



Foto 15: Foto van een schraal boswalleetje (traject 2, linksboven) en een verruigd gedeelte (traject 6, rechtsboven). Op de schrale delen komen bedreigde paddenstoelen voor, zoals Blauwvoetstekelzwam (*Sarcodon scabrosus*, linksonder) en de Grootsporige truffelknotszwam (*Elaphocordyceps longisegmentis*) die parasiteert op hertentruffels, in dit geval de Stekelige hertentruffel (*Elaphomyces muricatus*) (beiden rechtsonder, truffel doorgesneden).

Er blijkt een grote variatie in mycologische rijkdom aanwezig te zijn op de walletjes. Op 10 trajecten zijn geen rode lijst soorten aangetroffen tijdens de twee veldbezoeken (Tabel 12). Gemiddeld kwamen daar minder dan 10 mycorrhiza-paddenstoelen voor. Er zijn ook 7 trajecten waar 2 tot 4 mycorrhiza-paddenstoelen zijn aangetroffen, en gemiddeld meer dan 15 mycorrhiza-paddenstoelen. Het gaat in feite om twee verschillende habitats. De eerste betreft de bovenkant en de steilranden. Hier komen op goed ontwaterde bodem vooral mycorrhiza-paddenstoelen voor van eik en berk, en in mindere mate ratelpopulier. Het tweede habitat bevindt zich aan de overgang van de walletjes naar het water. Hier komen paddenstoelen voor die mycorrhiza vormen met wilg, maar ook soorten die typisch zijn voor broekbossen en zelfs natte heide.

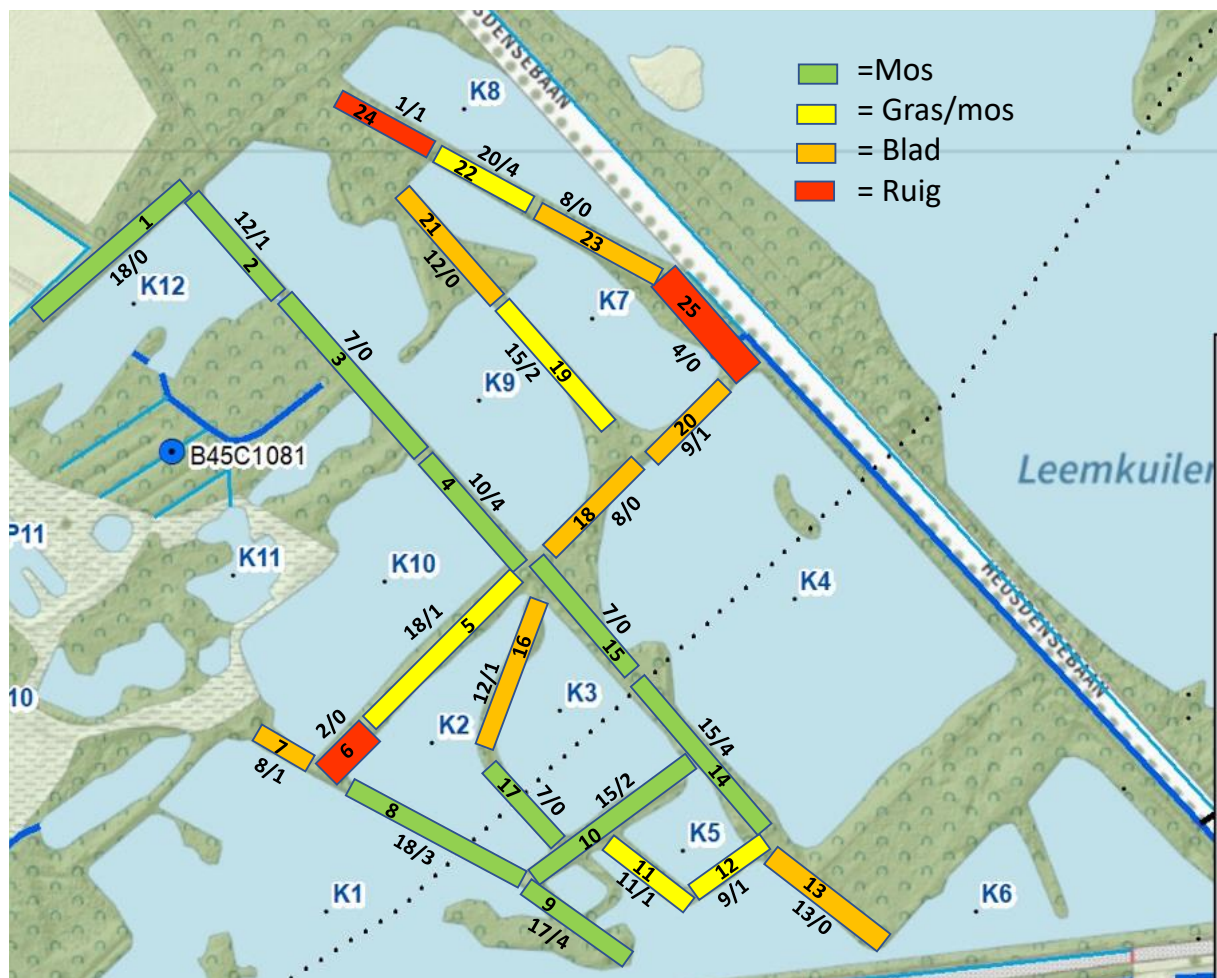
Tabel 12: Samenvatting van de aangetroffen paddenstoelen op de 25 deeltrajecten op de walletjes tussen de leemkuilen. De getallen in de tabel geven de som weer van de twee dagen waarop de aantallen vruchtlichamen zijn geteld in frequentieklassen (1 = 1-3 vruchtlichamen, 2 = 4-20 vruchtlichamen, 3 = 21-100 vruchtlichamen, 4 = > 100 vruchtlichamen).

Wetenschappelijke naam	Leemkuilen Udenhout 1	Leemkuilen Udenhout 2	Leemkuilen Udenhout 3	Leemkuilen Udenhout 4	Leemkuilen Udenhout 5	Leemkuilen Udenhout 6	Leemkuilen Udenhout 7	Leemkuilen Udenhout 8	Leemkuilen Udenhout 9	Leemkuilen Udenhout 10	Leemkuilen Udenhout 11	Leemkuilen Udenhout 12	Leemkuilen Udenhout 13	Leemkuilen Udenhout 14	Leemkuilen Udenhout 15	Leemkuilen Udenhout 16	Leemkuilen Udenhout 17	Leemkuilen Udenhout 18	Leemkuilen Udenhout 19	Leemkuilen Udenhout 20	Leemkuilen Udenhout 21	Leemkuilen Udenhout 22	Leemkuilen Udenhout 23	Leemkuilen Udenhout 24	Leemkuilen Udenhout 25	Nederlandse naam	Rode lijst
Cantharellus cibarius									4	6																Hanenkam	Ge
Coltricia perennis														2												Echte tolzwam	Ge
Lyophyllum tylicolor								1	1		2															Kleine grauwkop	Ge
Mycena sanguinolenta				1										1												Kleine bloedsteelmycena	Ge
Amanita porphyria								1														1				Porfieramaniet	Kw
Cortinarius albobolaceus									2																	Lila gordijnzwam	Kw
Elaphomyces muricatus				1																						Stekelige hertentruffel	Kw
Hydnellum conrescens									2			3		3									1			Gezondeerde stekelzwam	Kw
Leccinum aurantiacum				1				1																		Rosse populierboleet	Kw
Sarcodon scabrosus		2			1									2												Blauwvoetstekelzwam	Kw
Elaphocordyceps longisegmentis			1								1										1					Grootsporige truffelknotszwam	Kw
Mycena megaspora															1											Veenmycena	Kw
Peziza limnaea																			1							Bruine modderbekerzwam	Kw
Phaeonematoloma myosotis																			1							Grote moeraszwavelkop	Kw
Phellodon melaleucus									1																	Tengere stekelzwam	Be
Sphaerosporella brunnea																						1		2		Bruin ballonbekertje	EB
Aantal soorten	26	16	13	18	24	8	15	27	29	23	17	11	16	21	10	16	10	16	23	15	19	29	10	5	7		
Aantal mycorrhiza-soorten	18	12	7	10	18	2	8	18	17	15	11	9	13	15	7	12	7	8	15	9	12	20	8	1	4		
Aantal rode lijst soorten	0	1	0	4	1	0	1	3	4	2	1	1	0	4	0	1	0	0	2	1	0	4	0	1	0		

Op de kaart wordt duidelijk dat de mycologische waarde gekoppeld is aan de omgeving van de boswalletjes. In het noorden, rond de leemkuilen K4, K7, K8 en K9, valt op dat er geen schrale, mosrijke ondergroei aanwezig is (Figuur 40). Dit zijn de oudste delen, en de wallen zijn hier ook wat breder dan in de jongere delen meer naar het zuidwesten. Veelal is een goed ontwikkelde strooisellaag ontstaan en enkele brede delen zijn overgroeid met bramen. Alleen de trajecten 19 en 22 kennen nog een redelijk strooiselarme, grazig-mossige ondergroei. Dit zijn noordwest-zuidoost georiënteerde wallen, met aan beide zijden open water. De wind zorgt ervoor dat vrijwel alle blad uiteindelijk in het water terecht komt. Beide trajecten zijn tevens de trajecten met de meeste mycorrhiza-paddenstoelen en rode lijst soorten in het noordelijk deel.

De walletjes rond de leemkuilen K1, K2, K3 en K5, alsmede de centrale noordwest-zuidoost georiënteerde wal (trajecten 2, 3, 4-15-14-13) zijn doorgaans smal en steil, en in de ondergroei domineert mos. Ook hier geldt dat de mycologisch meest waardevolle trajecten aanwezig zijn: waar aan beide zijden water aanwezig is, en waar de dominante windrichting dwars op de wal staat. Voor traject 16, en in mindere mate traject 12 en 20, kan nog vermeld worden dat deze plaatselijk sterk vermest zijn door uitwerpselen van zwanen en ganzen.

Samengevat kan worden geconstateerd dat er een rijke mycoflora aanwezig is op de walletjes tussen de leemkuilen, vooral daar waar het strooisel weg kan waaien en de bomen weinig ruimte hebben. De mycoflora is afhankelijk van deze afvoer van nutriënten, die aan de andere kant een nutriëntenaanvoer betekent voor de aangrenzende leemkuilen.



Figuur 40: Kaartbeeld van de mycologische waarde van de wallekes tussen de leemkuilen, gebaseerd op veldbezoeken op 30 juli en 14 oktober 2021. De kleur geeft het karakter van de ondergroei aan. Het nummer in de rechthoek is het trajectnummer. De nummers langs de rechthoek staan voor het aantal soorten waargenomen mycorrhiza-paddenstoelen respectievelijk het aantal waargenomen rode lijst soorten. K1 t/m 12 geven de nummers van de leemkuilen weer.

8 Synthese en kansen

8.1 Werking van het watersysteem

De werking van het watersysteem is in detail toegelicht in paragraaf 5.1 en 5.3.

De werking van het watersysteem is samengevat in de dwarsdoorsnede door de bodem en wateren B-B'. Dwarsdoorsnede B-B' volgt de stromingsrichting van het grondwater van het ondiepe regionale grondwatersysteem van zuidwest naar noordoost. De ligging van de raai B-B' is met een zwarte stippellijn aangegeven in Bijlage 2.

De werking van het watersysteem in de Leemkuilen aan het eind van de winter van 2022 is weergegeven in Figuur 41. De dwarsdoorsnede is gebaseerd op de kaart met gemeten oppervlaktewaterpeilen en stijghoogten op 3 maart 2022 (zie Figuur 28). De werking van het watersysteem in de Leemkuilen in de zomer van 2021 is weergegeven in Figuur 42. De dwarsdoorsnede is mede gebaseerd op de kaart met oppervlaktewaterpeilen op 29 juni 2021 (zie Figuur 26).

Poelen westzijde Heidekreiten:

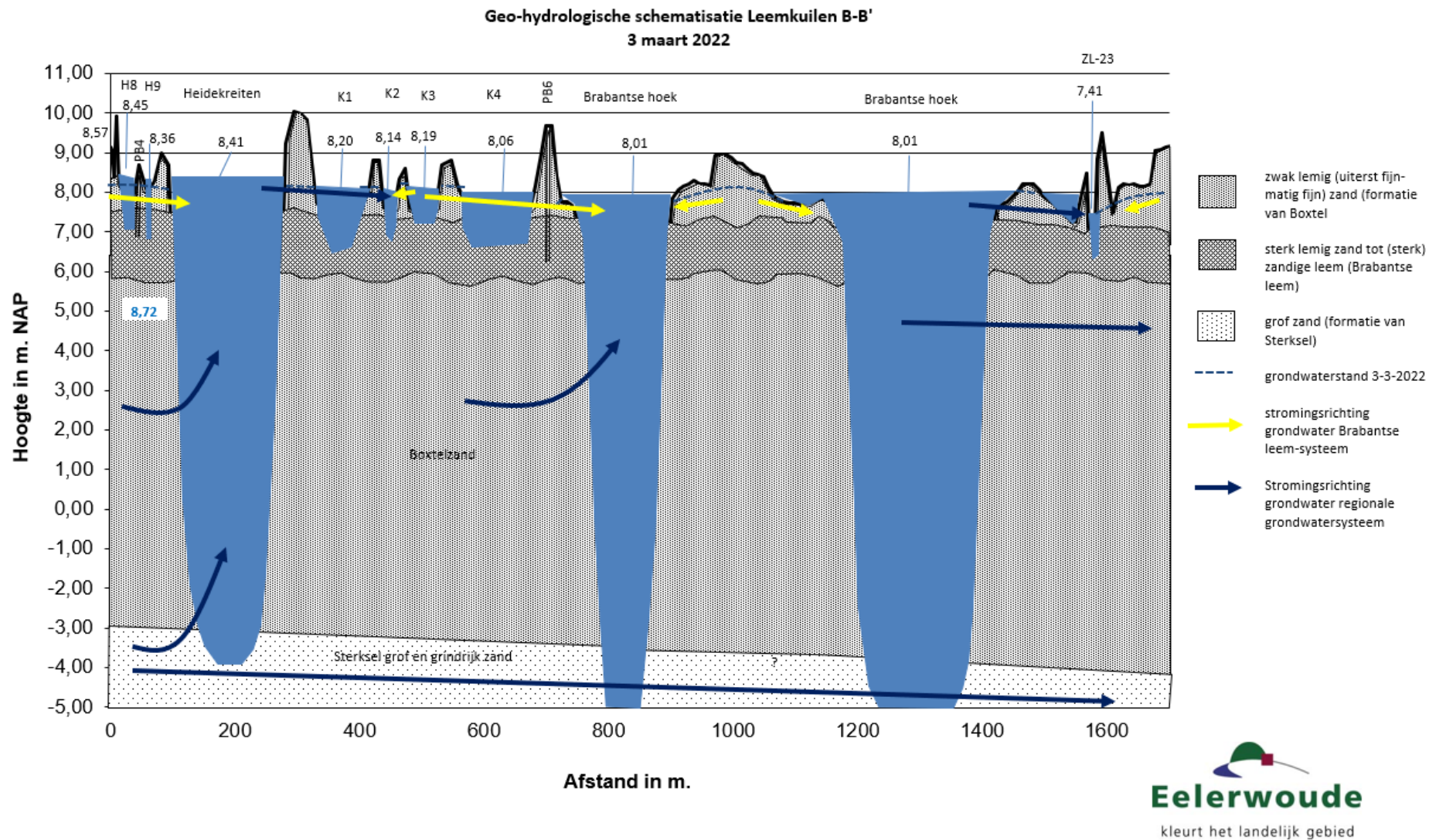
Op de dwarsdoorsneden is te zien dat het waterpeil van de poelen aan de westzijde van Heidekreiten in de zomer en winter hoger staan dan in de Heidekreitenplas. De hogere peilen worden veroorzaakt door stagnatie van regenwater op de Brabantse leem. In de zomer zakt het waterpeil van de brede bermsloot H8noord wel onder het peil van Heidekreiten uit. Het waterpeil in de iets westelijker gelegen kavelsloot is vaak lager dan in Heidekreiten H8, zodat een ondiepe grondwaterstroming naar deze landbouwsloot optreedt.

Poelen zuidzijde Heidekreiten:

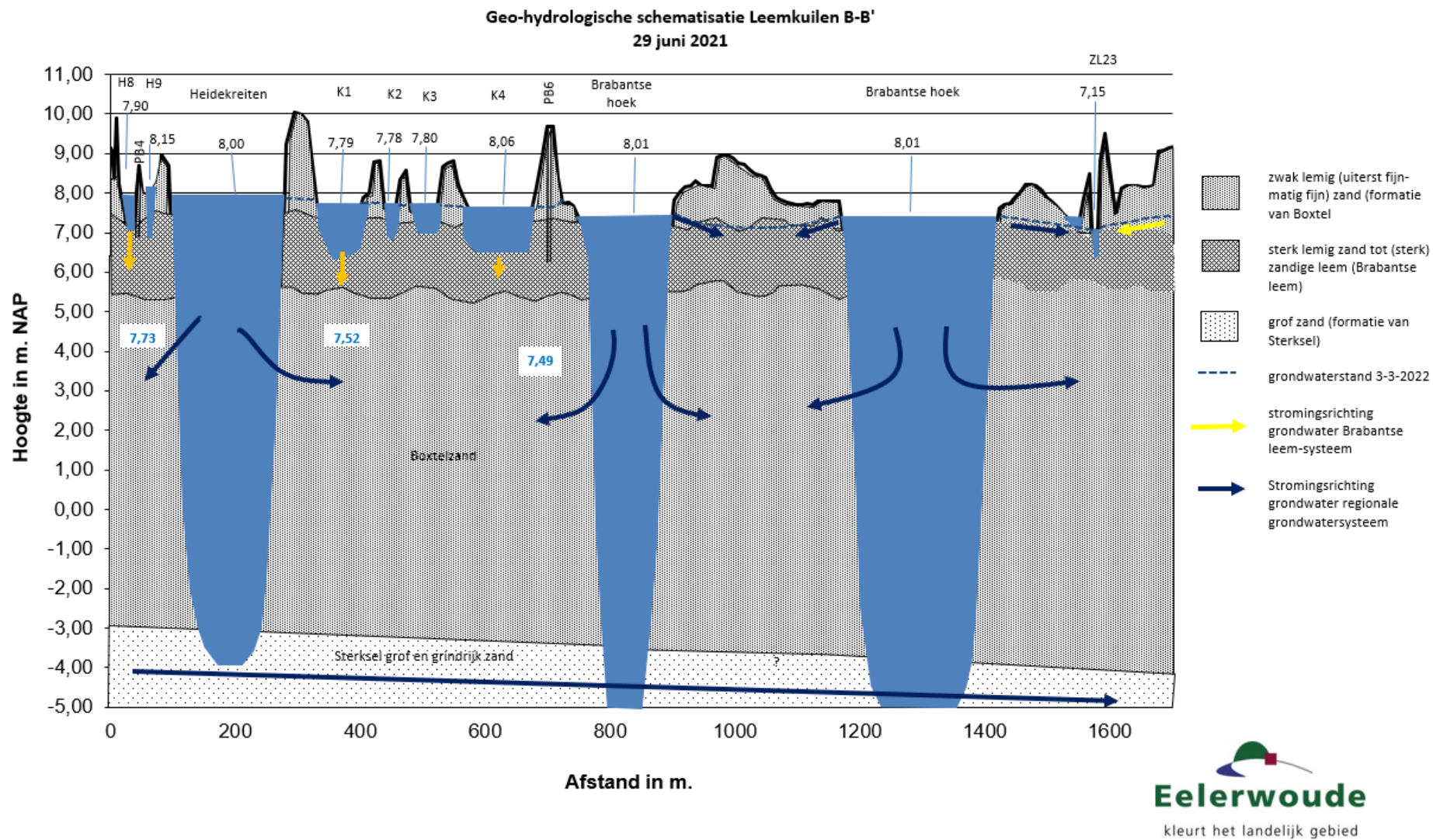
In het voorjaar van 2021 waren de waterpeilen in de poelen enkele decimeters tot ruim een meter hoger in waterpeil dan de waterplas Heidekreiten. In de zomer tot en met juni 2021 zakten de waterpeilen in enkele poelen met centimeters tot circa 10 cm.; in een aantal poelen zakt het waterpeil 30 à 40 cm. De daling in de voorzomer was groter dan het neerslagtekort, zodat enige wegzijging of horizontale stroming uit de poelen is opgetreden in periode mrt-juni 2021.

In periode juni-november '21 stijgt het waterpeil in de meeste poelen onder invloed van een neerslagoverschot (zie Tabel 8 en Tabel 9 op bladzijde 62). In de nazomer en herfst van 2021 is het waterpeil van Heidekreiten gezakt, bedroeg het peilverschil in de zomer en najaar 2021 0,5 à ruim 1 m (. Daling van waterplas Heidekreiten kan veroorzaakt zijn door het nog lagere waterpeil in Brabantse Hoek (grondwater-stroming van hoog naar laag via grof zandig pakket).

De hoogste waterpeilen zijn gemeten in meest zuidelijke poelen H4 t/m H9. In maart 2022 was het lokale Brabantse leem-systeem door het vrij natte jaar weer goed gevuld. Op dat moment steeg het waterpeil van deze poelen 0,2 tot 0,8 m boven het winterpeil van Heidekreiten (zie Figuur 28).



Figuur 41: Geo-hydrologische schematisatie Leemkuilen B-B' in de einde wintersituatie op 3 maart 2022.



Figuur 42: Geo-hydrologische schematisatie Leemkuilen B-B' in de zomersituatie op 29 juni 2021

Relatie Heidekreitenplas met ondiepe regionale grondwatersysteem:

Op de dwarsdoorsnede B-B' in Figuur 42 is te zien dat het waterpeil van de Heidekreitenplas medio zomer van 2021 (= juni 2021) hoger was dan de stijghoogte van het ondiepe regionale systeem aan de west- en oostzijde van Heidekreitenplas. Op dat moment vond er dus wegzijging plaats vanuit de plas naar het grondwater. Tijdens de drie andere meetronden was het waterpeil in waterplas Heidekreiten lager dan de gemeten stijghoogte in het lokale ondiepe grondwatersysteem (zie Figuur 25 t/m Figuur 28 op blz. 58 t/m 61).

Door de zeer lange droge periode voorafgaand aan de winter van 2021 was de stijghoogte van het ondiepe regionale systeem nog niet volledig hersteld. In de winter van 2022 (na het relatief natte jaar 2021) is de meting daarom herhaald op 3 maart 2022 (zie kaart met gemeten waterpeilen in Figuur 28). Tijdens deze meting werd aan de westzijde van de Heidekreiten in peilbuis PB4 een ca. 20 cm hoger peil gemeten dan de Heidekreitenplas. In hydrologisch normale jaren zal er sprake zijn van kwel vanuit het ondiepe regionale systeem aan de west- en noordwestzijde van de plas richting de plas.

De hoogte van de drempel aan de oostzijde van de plas is vervolgens bepalend voor de (jaarlijkse) tijdsduur van de kwel. Door de drempel op een peil van 8,8 m. +NAP te leggen, zal er naar verwachting alleen bij extreem hoge stijghoogten vanuit het ondiepe regionale systeem grondwater in de plas stromen. Afvoer van water over de stuw kan regen- en (ondiep en/of "diep") kwelwater zijn.

Kwel vanuit Heidekreitenplas naar jonge en oude Leemkuilen:

Op de dwarsdoorsneden is te zien dat er een subtiële gradiënt is in de hoogten van de Heidekreitenplas aan de zuidzijde van de brede kade van de Haarense dijk, die de scheiding vormt tussen de Heidekreiten en Leemkuilen. Hierdoor is er het hele jaar sprake van een kleine kwelstroming vanuit Heidekreiten over de Brabantse leem naar kuil K1 en vervolgens van K1 naar K2. Doordat het water van de Heidekreitenplas is aangerijkt met basen, is deze kwel ook basenhoudend. Tijdens de meting in maart 2022 was het waterpeil in poel K3 hoger dan de overige poelen (zie dwarsdoorsnede B-B' in Figuur 41). Het hogere peil is waarschijnlijk veroorzaakt doordat er minder wegzijging plaatsvindt vanuit K3 naar het grondwater. De bodem van K3 is in vergelijking met K1 en K4 minder diep in de leem gegraven. Mogelijk is hierdoor de bodemweerstand groter, omdat de overblijvende leembodem dikker is dan de andere kuilen.

In de winter van 2022 zijn ook subtiële grond- en oppervlaktewaterstroompjes van K1 naar K5, naar K3 waargenomen over de laagste delen van de kade tussen deze kuilen. Deze subtiële waterstromen zijn van belang voor de kansen voor zwak gebufferde wateren in de nieuwe en oude leemkuilen. Door het voorgenomen herstel van de van de drempelhoogte in de Heidekreiten van 8,0 m. +NAP tot 8,4 à 8,8 m. +NAP zullen deze horizontale kwelstromen in de zandlaag boven het Brabantse leem- verder worden gestimuleerd.

Relatie Brabantse leem-systeem in de Nieuwe en Oude Leemkuilen met het ondiepe regionale grondwatersysteem:

Op basis van de metingen (zie Figuur 25 t/m Figuur 28 op blz. 58 t/m 61) is sprake van kweldruk tijdens 3 metingen en wegzijging in juni 2021 vanuit het ondiepe regionale systeem onder de Brabantse leem naar de Leemkuilen. De grootte van de lokale kwelstroom en zomerse wegzijging varieert per leemkuil en wordt bepaald door de weerstand van het de niet afgegraven laag Brabantse leem onder Leemkuilen of de vergraven en teruggestorte lemige zandlaag. De variatie in fluctuaties gemeten in 2021-2022 is een indicatie voor veel of weinig verticale grondwaterstroming (stijging en daling vergeleken met open water neerslagoverschot).

In de periode maart-juni 2021 was er een neerslagtekort open water van 106 mm, die een daling van 11 cm in een kuil of poel kan veroorzaken. Lagere daling waterstand indiceert enige toestroom, hogere daling duidt op (overwegend) wegzijging. In de periode juli-november 2021 was er een klein neerslagoverschot open water van 26 mm. Poelen en kuilen die in die periode zijn gezakt ondervinden wegzijging naar, waarschijnlijk, de grote waterplassen. Waar in deze periode stijging is waargenomen is aannemelijk dat er een stagnerende leemlaag

aanwezig is onder de poel of kuil. Er is variatie in de fluctuatie van waterstanden wat duidt op verschillen in bodemkenmerken per poel/kuil.

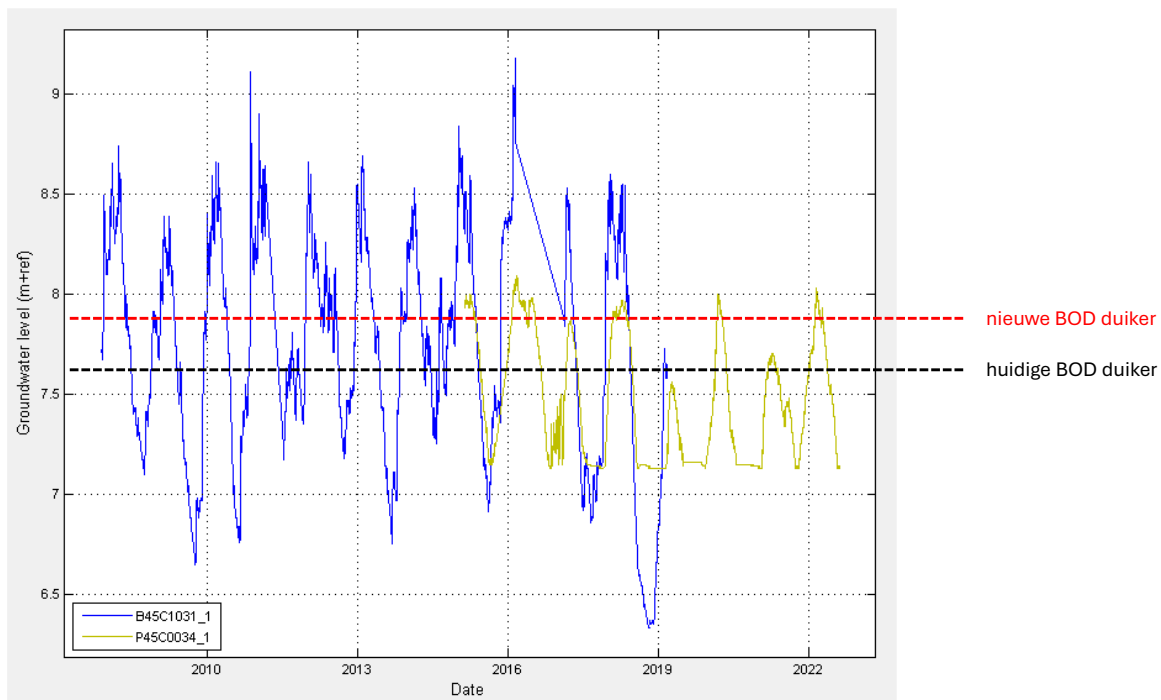
Relatie Brabantse hoek met Brabantse leem-systeem:

Op de dwarsdoorsneden en peilenkaarten is te zien dat de waterpeilen in de Leemkuilen jaarrond 10-30 cm hoger zijn dan in Brabantse hoek. Hierdoor wordt de zuidwestelijke oeverzone van Brabantse hoek gevoed door water vanuit het Brabantse leemsysteem in de oude Leemkuilen. Op basis van alle 4 metingen kan de grondwaterstroming naar deze waterplasoever boven en onder de Brabantse leemlaag plaatsvinden.

Relatie Brabantse hoek met ondiep regionaal systeem:

De relatie tussen de Brabantse hoek en ondiepe regionale systeem kan het best worden geïllustreerd aan de hand van Figuur 43. Op deze figuur is te zien dat de Brabantse hoek in het winterhalfjaar wordt gevoed door het ondiepe regionale grondwatersysteem (blauwe lijn). Wanneer het peil van Brabantse hoek (groene lijn) hoger is dan de huidige BOD van de duiker aan de westzijde (7,65 m. +NAP), stroomt er water uit de Brabantse hoek naar het oppervlaktewater en vervolgens naar de Maas en Noordzee. Door de betrekkelijk geringe diameter van de duiker (200 mm) wordt het uitstroomvolume beperkt en kan het waterpeil in de winter pieken tot 30 cm boven de uitstroomhoogte vertonen. Deze winterse fluctuatie is gunstig voor de oeverzones waar kansen liggen voor zwak gebufferde wateren.

In de (late) lente en voorzomer is de situatie omgekeerd en zijgt er oppervlaktewater vanuit Brabantse hoek weg naar het ondiepe regionale grondwater-systeem. Zodra er een neerslagoverschot ontstaat zal in het najaar en winter weer enige kwelstroom naar de plas ontstaan.



Figuur 43: Waterpeil van Brabantse hoek (P45C0034) en stijghoogte van het ondiepe regionale grondwater (B45C1031). (automatische peilschaal van Brabantse hoek registreert geen waterpeilen lager dan 7,2 m. +NAP.). Met een zwarte stippellijn is de huidige drempelhoogte van Brabantse hoek aangegeven. Met een rode stippellijn is de aanbevolen nieuwe drempelhoogte van de duiker aangegeven.

Vanuit het bredere perspectief, waarin wordt gestreefd naar het zoveel mogelijk vertragen van de winterse afvoer van grond- en oppervlaktewater in Brabant, is het onwenselijk dat deze grote waterhoeveelheden uit het regionale grondwater in de winter wegstroomt richting waterlopen en de Noordzee. Om meer water vast te

houden in de winter kan de drempel van de zandwinplas met ca. 25 cm worden verhoogd (zie rode stippellijn in Figuur 43).

Deze maatregel is positief voor de kansen voor zwak gebufferde wateren in de Brabantse hoek, omdat hierdoor de fluctuatie-zone aan de oever van de Brabantse hoek wordt vergroot.

8.2 Kansen voor vegetaties van zwak gebufferde wateren

De hoofdvraag van het onderzoek is welke de mogelijkheden zijn voor behoud en ontwikkeling van vegetaties van zwak gebufferde wateren in het natuurgebied de Leemkuilen. Er zijn drie typen wateren waarin er mogelijke kansen aanwezig zijn:

- De diepe plassen Heidekreiten en Brabantshoek
- De poelen rondom Heidekreiten
- De poelen en leemkuilen in het centrale deel

De bodem in het hele gebied bevat een wisselende leemfractie en deze leem is ijzerrijk en ook tamelijk fosfaatrijk. Enerzijds levert deze bodem geen fosfaat na aan de waterlaag, maar anderzijds kunnen planten die hierin wortelen wel een deel van dit fosfaat benutten. De vegetatie op de leem is daardoor mesotrafent en niet oligotrafent. Een voedselarme bodem die past bij planten van zwak gebufferde wateren is alleen aanwezig daar waar de zandige bodem slechts een tamelijk geringe leemfractie bezit. Dit maakt alleen de zandige delen aan de oevers van de Leemkuilen en zandwinplassen potentieel geschikt voor een vegetatie van zwak gebufferde wateren.

In het hele gebied vormt watercrassula een bedreiging voor planten van zwak gebufferde wateren. Vooral in enkele poelen langs de Heidekreiten verdringt deze soort de overige water- en oeverplanten. Toch is het bijna nergens zo dat door permanente dominantie van watercrassula alle overige ontwikkelingen worden geblokkeerd. De situatie is niet uitgebreid onderzocht, maar de volgende voorbeelden schetsen een beeld van een meer dynamische situatie dan op het eerste gezicht mogelijk is:

- **Noordoostoever Brabantse hoek.** Hier werd in 2019 een matige bedekking van watercrassula geconstateerd, op de hoogste delen 7-8 op een schaal van negen en op de lagere vlakke oevers 3-6 (Verhees, et al., 2020). Begin 2021 was door aanhoudende droogte de bovenste zone deels overgroeid door eutrafente, hogere oevergewassen zoals wolfspoot. Op de lagere zone had watercrassula zich juist uitgebreid en was op veel plekken bijna 100% bedekkend. In de loop van 2021 bleef de waterstand weer wat hoger en ging watercrassula in de onderste zone weer achteruit, waarbij zich vooral teer vederkruid in de langzaam afstervende watercrassula vestigde.
- **Poel P1.** In deze oudere, door bos omzoomde poel werd in 2019 watercrassula aangetroffen in de hoogste dominantieklasse (9 van 9; (Verhees, et al., 2020). In 2021 was watercrassula hier codominant en werden onder meer grote waterranonkel, naaldwaterbies en schild-ereprijs aangetroffen.
- **Poel H5.** In deze poel langs Heidekreiten was watercrassula in 2019 in de hoogste abundantieklasse aanwezig, en werd geen teer vederkruid vastgesteld. In 2021 was watercrassula in de ondiepe delen dominant aanwezig, maar in de diepere delen domineerde teer vederkruid. Watercrassula is hier door de plotselinge vernatting (na 3 droge jaren) waarschijnlijk gaan afsterven, waarvan teer vederkruid heeft kunnen profiteren.

- **Leemkuil K2.** Hier werd in 2019 nog slechts sporadisch watercrassula waargenomen. In 2021 bleken grote delen van de leemkuil gedomineerd te worden door watercrassula.

Het probleem van watercrassula wordt in het gebied vergroot door de vele ganzen. De ondiepe, droogvallende oeverdelen zijn niet alleen gunstige groeiplaatsen voor planten van zwak gebufferde wateren, maar ook zeer geschikt als rustplaats voor ganzen. De ganzenmest zorgt vervolgens voor zowel aanvoer als sterke uitbreiding van watercrassula. Dhr. Verhees, (en anderen) vermoeden bovendien dat de ganzen ook verantwoordelijk zijn voor de achteruitgang van met name kamsalamander (Verhees, et al., 2020).

8.2.1 Heidekreiten en Brabantshoek

De twee diepe plassen in het gebied bezitten beiden een spronglaag in de zomer, met daarboven fosfaatarm water. Ook is er weinig stikstof aanwezig. Beide plassen zijn in de waterlaag voldoende voedselarm voor vegetaties van zwak gebufferde wateren. Wel zijn er vaak veel ganzen aanwezig, die periodiek te veel voedingsstoffen kunnen aanvoeren. Dit is vooral een knelpunt in het ondiepe deel van de waterplassen.

Brabantse hoek:

Het water van de Brabantshoek kent een buffercapaciteit van rond de 1 milli-equivalent per liter, wat rond de bovengrens is voor de groei van waterplanten van zwak gebufferde wateren. Hierdoor zijn slechts mondjesmaat enkele soorten van zwak gebufferde wateren aanwezig, in combinatie met waterplanten van sterk gebufferde wateren. Wel zijn de tamelijk steile oevers op veel plekken zandig en dus voedselarm genoeg. Op de steile oevers is vooral plaats voor permanent ondergedoken soorten, vooral teer vederkruid en stompbladig fonteinkruid. De oostoever is vlakker en door de golfslag zandig en vrij van organisch materiaal. Dit is in principe een gunstige locatie voor amfibische venplanten van sterk koolstof gelimiteerde situaties, zoals gesteeeld glaskroos en waterpostelein. Echter, de brede, rustig gelegen, vlakke oevers zijn ook zeer aantrekkelijk voor ganzen en hun vermestende invloed is waarschijnlijk de belangrijkste reden dat watercrassula hier tamelijk dominant is.

Heidekreiten:

Het water van de Heidekreiten heeft een 2x hogere buffercapaciteit dan de Brabantshoek en is hiermee ongeschikt voor planten van zwak gebufferde wateren. De buffering is even sterk als in het diepere grondwater dat in peilbuis B45C0390 is gemeten.. Het diepe grondwater bevat namelijk overal ongeveer 1000 micromol zwavel (sulfaat) per liter, terwijl in de plas slechts 200 micromol/liter aanwezig is. Sulfaat kan uit de waterlaag verdwijnen, maar vooral in ondiepe wateren met een organische bodem waarin zwavelreductie kan plaatsvinden. Hier gaat het om een diepe plas met een minerale bodem. Ook is in deze bodem geen grote hoeveelheid zwavel gemeten. De belangrijkste oorzaak van de hogere buffering van het Heidekreitenplas-water lijkt de vergraven bodem rondom de plas te zijn. Hierin is vooral op enkele meters diepte een zeer hoge buffercapaciteit gemeten. Dit grondwater is niet sulfaatrijk, maar stroomt wel af richting de plas. Doordat er slechts enkele metingen zijn verricht, zijn de conclusies rondom de oorzaak van de hogere buffering nogal onzeker.

Sinds het najaar van 2021 is de drempelhoogte van Heidekreiten weer verhoogd van 8,0 m. +NAP naar 8,4 m. +NAP. Hierdoor zal doorstroming van de Heidekreitenplas met sterk gebufferd grondwater uit het eerste watervoerende pakket naar verwachting afnemen en invloed van regenwater toenemen. Mogelijk zal de buffercapaciteit hierdoor geleidelijk afnemen onder de 2 mmol/l. Zoals gezegd is dit echter niet zeker aangezien er relatief veel nalevering van buffering optreedt vanuit de Brabantse leem en het ingebrachte zand op de zuidoever van Heidekreiten.

Nu de drempelhoogte weer deels is teruggebracht op het oude niveau van 8,4 m. +NAP, is het te verwachten dat de waterkwaliteit in gunstige zin zal veranderen. Wanneer de drempelhoogte verder wordt verhoogd tot

8,8 m. +NAP zal de buffering mogelijk nog verder afnemen. Omdat de oorzaak van de buffering niet geheel duidelijk is, verdient het aanbeveling om de waterkwaliteit van de plas regelmatig te monitoren (zie aanbeveling 5 in paragraaf 10).

8.2.2 Poelen rondom Heidekreiten

In de poelen rondom Heidekreiten zijn slechts lokaal geschikte omstandigheden aanwezig voor planten van zwak gebufferde wateren. Door de al genoemde, hoge buffercapaciteit van het grondwater zijn veel poelen net te sterk gebufferd. Ook is in het zuidelijke en westelijk deel bodem opgebracht uit het rivierengebied (Inberg, et al., 2009). Deze is waarschijnlijk sterk gebufferd. Ook zijn de poelen veelal ondiep, waardoor water- en oeverplanten kunnen wortelen in de matig voedselrijke bodem en plantensoorten van zwak gebufferde, voedselarme bodem kunnen verdringen. De beste kansen voor venplanten lijken aanwezig te zijn in de zuidpunt van het gebied, rond de poelen H5, H6 en H7. Hier stijgt het waterpeil van de poelen het sterkst boven de omgeving uit door de waterkerende werking van een ondergrondse leemlaag. De stagnatie-/ infiltratiesituatie die hier ontstaat zorgt voor een wat lagere buffering. Zandige delen van de poelen zijn voedselarm genoeg voor een minder kieskeurige venplant als moerashertshooi. En teer vederkruid, dat ook bij een wat hogere buffering nog kan groeien, is aanwezig in de diepere delen. Een voorwaarde voor een bestendige aanwezigheid is waarschijnlijk wel dat er weinig bosopslag plaatsvindt en de oevers open genoeg blijven.

8.2.3 Poelen en leemkuilen in het centrale deel

Water- en bodemkwaliteit:

Voor de leemkuilen en veel van de nabij gelegen poelen geldt dat successie een bepalende factor is voor de kansen van planten van zwak gebufferde wateren. Met name de aanvoer van blad van vooral bomen is een sterke aanjager voor veranderingen in de water- en bodemkwaliteit. Grotere leemkuilen worden hierdoor minder snel beïnvloed dan kleine leemkuilen en poelen. Vooral leemkuilen met een sterk zandige bodem (zoals de vrij ondiepe nieuwe Leemkuilen K1 en K2) zijn in de beginfase voedselarm genoeg voor planten van zwak gebufferde wateren. Een flinke mate van droogval, als gevolg van vlakke oevers en een wisselende waterstand, houdt de voedselarme fase in stand. Echter, wanneer zich organisch materiaal gaat ophopen, verandert de waterkwaliteit snel. In het organisch materiaal bevindt zich ook veel zwavel. Andere mogelijke bronnen van zwavel in, met name, de oude leemkuilen zijn zwaveldepositie in het verleden en contact met sulfaatrijk, ondiep grondwater. Bij een afwisseling van droge en natte perioden zorgt dit zwavel voor verzuring, respectievelijk interne eutrofiering. Ook lost er steeds meer ijzer op uit de waterbodem. Binnen enkele decennia leidt dit tot te voedselrijke en te sterk gebufferde omstandigheden. Het opgeloste ijzer kan bovendien de voortplanting van amfibieën remmen middels het toxische effect op eieren en larven. Kansen voor planten van zwak gebufferde wateren zijn dus alleen duurzaam aanwezig als er altijd leemkuilen in jonge successiestadia aanwezig zijn.

Waterpeilen:

Vanuit het oogpunt van de ontwikkeling van vegetaties van zwak gebufferde wateren is het niet noodzakelijk om het huidige peilverloop in de Oude en Nieuwe leemkuilen aan te passen. Droogval in droge jaren past bij deze systemen en is zelfs noodzakelijk. In de huidige situatie vindt met name in enkele jonge leemkuilen in droge perioden droogval plaats omdat de bodem hier hoger is of juist minder waterdicht is dan sommige dichtgeslibte oude leemkuilen.

Met het huidige beheer wordt water vastgehouden in de Oude en Nieuwe Leemkuilen. Dit is zeer gunstig voor de verdergaande successie in de Oude Leemkuilen, die op de lange termijn zullen verlanden. Het is ook gunstig voor de nieuwe Leemkuilen, omdat waterstanden dan wel seizoensmatig fluctueren, maar niet te grote fluctuaties vertonen.

De voortzetting van het huidige waterbeheer is ook gunstig voor de instandhouding van subtiele kwelstromen over de Brabantse leem door de smalle dijkjes. In de peilmetingen in de natte wintersituatie is een subtiele

gradiënt in waterpeilen zichtbaar van west naar oost en vanuit de Heidekreiten richting de nieuwe en oude Leemkuilen. Mede door het herstel van de drempelhoogte in Heidekreiten tot 8,8 m. +NAP zal er sprake zijn van subtiele kwelstromen vanuit Heidekreitenplas naar enkele Leemkuilen. Ook vanuit het noordwesten kan lokaal grondwater instromen. Uiteindelijk stroomt het lokale grondwater naar Brabantse hoek. In de winter stroomt er tevens kleine hoeveelheden oppervlaktewater over lage delen van de wallen van kuil naar kuil.

8.2.4 Noordwestelijke poelen en graslanden

Poelen:

Door het ontbreken van een laag Brabantse leem in de bodem en de nalevering van voedingstoffen en te hoge buffering uit de verstoorde en bemeste bovengrond zijn kansen voor ontwikkeling van de zeer zwak gebufferde wateren in de noordwestelijke poelen zeer gering. Het beheer dient hier vooral gericht te zijn op de boomkikker.

Brabants Landschap heeft onlangs een aantal te diepe poelen verondiept, waardoor deze in droge jaren kunnen droogvallen en er geen vis in kan komen.

8.3 Potentie noordoostelijke graslanden

Op basis van de bodemchemische analyseresultaten van de bodem op verschillende diepten kan worden geconcludeerd dat de graslanden aan de noordwestzijde geen potentie hebben voor nat schraalland en of vochtig hooiland.

Na diep afgraven van de bemeste en diep doorgeploegde bovengrond zou een onbemeste bodem kunnen worden gerealiseerd. Ook dan is ontwikkeling van deze kritische beheertypen niet mogelijk omdat dan de fluctuatie van de grondwaterstand te hoog zal zijn. Door het ontbreken van de Brabantse leem wordt het grondwaterregime hier bepaald door het ondiepe regionale grondwatersysteem, dat grote schommelingen vertoont. Voor ontwikkeling van natte schraallanden en of vochtige hooilanden is een maximale fluctuatie van 60-80 cm noodzakelijk. De huidige fluctuatie van de grondwaterstand is hier onder hydrologisch normale jaren ca. 1,0 m, in droge jaren nog veel groter.

8.4 Kansen voor terugkeer drijvende waterweegbree

Een tweede vraag is waar er nog kansen aanwezig zijn voor behoud of herstel van drijvende waterweegbree. Aangezien de soort de laatste 10 jaar niet meer is waargenomen, is het waarschijnlijk dat deze inmiddels uit het gebied verdwenen is. Herstel is nog mogelijk indien er in het gebied nog een zaadbank aanwezig is, die dan geactiveerd wordt door bijvoorbeeld het verwijderen van een sliblaag. Het zaad kan onder gunstige omstandigheden 80 jaar kiemkrachtig blijven (bron Profieldocument Drijvende waterweegbree).

Drijvende waterweegbree groeit in uiteenlopende stilstaande of zwak stromende wateren, zoals heide- en veenplassen, duinplassen, meren, afgesloten rivierarmen, laaglandbeken, kanalen, sloten en vijvers. Het best gedijt deze waterplant in water dat helder, voedselarm of hooguit matig voedselrijk, fosfaatarm en kalkarm is. Op sommige plaatsen bevat het water daarbij veel ijzer. In voedselrijkere omgeving staat de soort het meest op plaatsen met menging van regenwater met kwelwater. In specifieke omstandigheden, namelijk bij een lage beschikbaarheid van fosfaat, kan de Drijvende waterweegbree nitraat- en ammoniakrijk water verdragen (bron Profieldocument Drijvende waterweegbree).

In de Leemkuilen lijken er drie mogelijke standplaatstypen aanwezig te zijn:

- Sterk zandige, niet te diepe delen van de Brabantshoek, met tamelijk veel golfslag. De isoëtide vorm heeft hier, bij absentie van waterlaag vullende soorten, de mogelijkheid om als bodembedekker op te treden. Op de meeste plekken is de waterlaag echter te rijk aan kooldioxide en domineren waterlaag vullende planten.
- De meest zandige en daardoor minst gebufferde en minst voedselrijke delen van jonge leemkuilen. Successie, bladinwaai, ganzen en watercrassula zijn hier reële bedreigingen.
- Sloottrajecten in de rand van het gebied, die fosfaatarm, zwak gebufferd grondwater afvangen (b.v. “jong grondwater” dat vooral regenwaterachtig is); het kan eventueel ijzerrijk water zijn.

Deze drie typen standplaatsen zijn slechts zeer mondjesmaat in het gebied aanwezig; de verwachting is dat drijvende waterweegbree in en om de Leemkuilen hooguit een marginaal verschijnsel blijft.

9 Inrichting- en beheer

Gevraagd is om maatregelen voor te stellen gericht op het verbeteren van de omstandigheden voor zwak gebufferde wateren en Drijvende waterweegbree. Daarnaast is behoud van aanwezige natuurwaarden ook relevant, zoals de aanwezigheid van zeldzame paddenstoelen (o.a. diverse beschermde “rode lijst soorten”) en amfibieën; o.a. kamsalamander (Natura2000 soort) en boomkikker.

De op basis van de onderzoeksresultaten vastgestelde kansen worden in dit hoofdstuk nader uitgewerkt in concrete inrichtings- en beheermaatregelen. De inrichtings- en beheermaatregelen zijn samengevat op de Inrichting- en beheerkaart in Bijlage 18.

9.1 Algemeen

Gezien de regionale verdrogingsproblematiek van dit deel van Noord-Brabant is het wenselijk om meer water vast te houden in de grote zandwinplassen: Heidekreiten en Brabantse hoek. Dit is mogelijk door het verhogen van de uitstroombrempels. Maatregelen buiten het Natura2000 gebied kunnen hierbij ondersteunend zijn om het waterregime (kwantiteit en kwaliteit) te verbeteren. Maatregelen voorstellen buiten het Natura2000 was geen onderdeel van deze opdracht. Op basis van de beschikbare inzichten vanuit deze rapportage kunnen wel effectieve maatregelen worden geformuleerd.

De natuurwaarden waarvoor het gebied is aangewezen als N2000 gebied profiteren allen van waterstandsdynamiek:

- Droogval van kleine wateren houdt deze visvrij en dus geschikt voor amfibieën
- Droogval van oeverzones versnelt de stikstofafvoer, mineralisatie van organisch materiaal en vastlegging van fosfor aan ijzer en draagt zodoende sterk bij aan het voedselarm houden van de wateren.
- Veel van de gewenste soorten van zwak gebufferde wateren (inclusief drijvende waterweegbree) zijn ook amfibisch; ze hebben een voorkeur voor droogvallende plekken.

Twee lokale ontwikkelingen hebben bijgedragen aan de achteruitgang van deze natuurwaarden: vernatting en bosopslag. De bosopslag leidt tot teveel schaduw voor veel amfibieën, en heeft geleid tot aanvoer van organisch materiaal (blad) naar het water. Dit wordt vervolgens, in de nooit meer droogvallende delen, anaeroob afgebroken waarbij nitraat en vervolgens sulfaat als elektronenacceptor worden gebruikt in plaats van zuurstof. Ook bevat de leem vrij veel fosfaat, wat geleidelijk vrijkomt als de leem niet af en toe droogvalt en fosfaat weer beter aan geoxideerd ijzer bindt.

De twee belangrijkste stuurknoppen voor behoud/ontwikkeling van de gewenste natuurwaarden zijn dus behoud van een lage vegetatie zonder bosopslag en behoud van een vrij grote jaarlijkse peilfluctuatie van gemiddeld ongeveer 0,5-1 meter. Kunstmatig laag houden van peilen in de Oude en Nieuwe leemkuilen zoals destijds was voorzien door (Londo, 1967) is nu niet meer zinvol. Het huidige uitslagpeil van het gemaal aan de noordzijde van de Oude Leemkuilen van 7,60 m. +NAP voldoet goed.

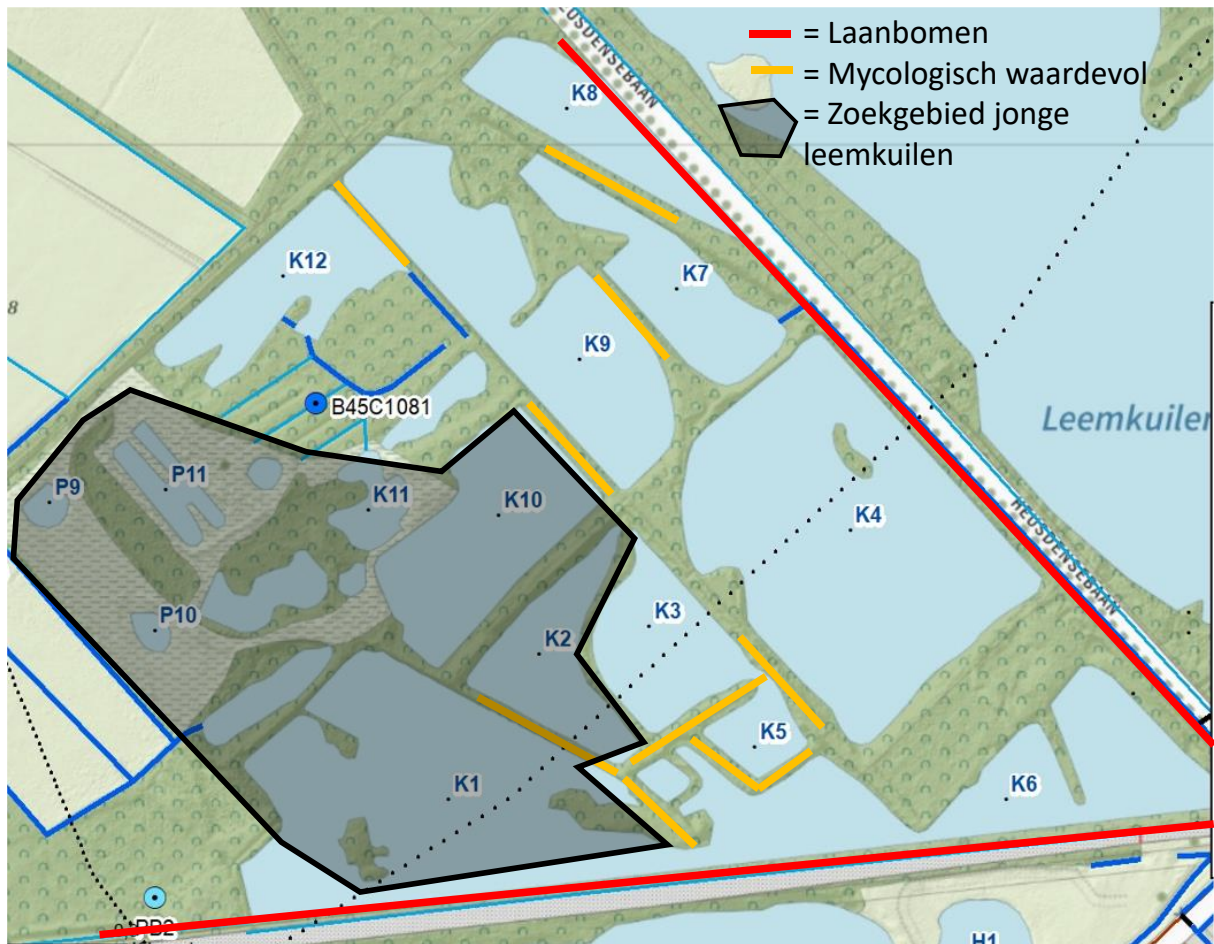
Voordat maatregelen worden uitgevoerd is nog enig nader onderzoek noodzakelijk.

- Een analyse maken per poel of kuil op basis van de waargenomen waterkwaliteit en waterdiepten en de optimale getalswaarden voor waterkwaliteit en waterdiepte van zwak gebufferde vennen vermeld in de recente provinciale tabellen (was geen onderdeel van deze opdracht).
- Er is een kennislacune over de samenstelling van de bodemlaag onder de putten in de oude en nieuwe leemkuilen waar ook lage zandruggen voorkomen.
- De betrouwbaarheid van dataloggers in meerdere meetpunten dient gecheckt te worden, m.b.v. handmetingen en correlatietechnieken (= vergelijken met meetreeksen van andere meetpunten).
- Voortzetten van (handmatige) metingen in waterplassen en enkele poelen/kuilen om seizoen fluctuaties waar te nemen, evt. m.b.v. dataloggers.

Tevens dienen de voorgestelde maatregelen gecheckt te worden op hun ecologisch effect op de actuele aanwezige natuurwaarden. De effecten van de recente natte jaren zijn niet verwerkt in deze rapportage, omdat het ook niet de opdracht was.

9.2 Oude en nieuwe Leemkuilen

Eén van de afwegingen die gemaakt moet worden in het gebied van de Oude en Nieuwe Leemkuilen, is de keuze tussen gebiedsdelen waar latere successiestadia een kans krijgen en gebiedsdelen waar jonge successiestadia in stand worden gehouden. De successie in wateren op leemgronden verloopt, vanwege de niet al te voedselarme bodem, tamelijk snel. Zo zijn de in de jaren zeventig ontstane leemkuilen K1, K2, K3 en K5 in 50 jaar tijd verandert in vegetatie-arme wateren met een dikke laag blad en slib. De successie verloopt vooral snel wanneer de oever dichtgroeit met grote helofyten en vooral bomen. Dit betekent dat de aanwezigheid van lanen en houtwallen niet makkelijk kan samengaan met goed ontwikkelde zwak gebufferde watervegetaties. *Om beiden te behouden, is een intensiever beheer nodig van de oevers en kuilen zoals blad en slib periodiek verwijderen. Zonder onderhoud in verschillende delen van het gebied zullen de kuilen verlanden. Om meer windwerking en minder blad in kuilen te verkrijgen kan ook het struweel en bomen worden verwijderd. Dit verwijderen kan alleen waar een soortenarme houtwal aanwezig is (zonder waardevolle planten of schimmels).*



Figuur 44: Kaart van het gebiedsdeel met de leemkuilen, met hierop aangegeven de delen die waardevol zijn als laan of als mycologisch waardevolle houtwal, en een zoekgebied voor het in stand houden van jonge successie stadia van zwakgebufferde watervegetaties leemkuilen.

Jonge successiestadia met veel waterplanten blijven vooral in stand in een open landschap, waar maaien, verwijderen van houtopslag en het periodiek opschonen van dichtgegroeide wateren belangrijke beheermaatregelen zijn. Dit is ook het landschap waarin amfibieën zich het beste thuis zullen voelen.

Aan de andere kant kunnen zich ook grote natuurwaarden ontwikkelen in latere successiestadia. Hierin kunnen zich diverse bostypen ontwikkelen, waaronder wilgenbroekbos en eiken-haagbeukenbos. Ook de mycologisch waardevolle houtwallen kunnen hier in stand blijven. Enig extra beheer in de vorm van verwijderen van bramen en andere ruige ondergroei is wellicht gewenst om een maximale bladafvoer (via de wind) te stimuleren.

9.2.1 Inrichting en beheer gericht jonge successiestadia

In Figuur 44 en Bijlage 18 is een voorstel weergegeven voor de keuze van de twee typen beheer in het centrale leemkuilen-gebied.

Gefaseerd opschonen nieuwe leemkuilen:

De poelen K1, K10 en wellicht ook K2 kunnen gefaseerd worden opgeschoond, bijvoorbeeld met tussenpozen van 5 jaar. Wel zal er bij dit opschonen rekening moeten worden gehouden met watercrassula. Het is daarom zaak om alle slib, voedingsstoffen en omringende bomen te verwijderen, met als uitzondering de mycologisch waardevolle houtwallen aan de noordoostzijde.

Verwijderen opslag en kleine bomen op wallen:

De omringende walletjes kunnen tegelijkertijd van hout worden ontdaan. Ook moet worden voorkomen dat hernieuwde houtopslag optreedt door wortelstronken te verwijderen en nieuwe opslag te maaien en begrazen bij voorkeur door schapen of geiten om vertrapping te voorkomen. Door het verwijderen van de opslag zal de hoeveelheid bladval in de kuilen aanzienlijk afnemen.

Afvlakken geschoonde wallen:

Een extra maatregel is het lokaal afvlakken van de geschoonde walletjes door voedselarme bodem in de leemkuil te schuiven; hierdoor ontstaan brede droogvallende oevers. In combinatie met het opschonen van de bodem, zal in de kuilen de successie opnieuw kunnen beginnen. De kans is groot dat zich ook watercrassula vestigt, maar de mate van dominantie kan binnen de perken blijven indien de leemkuil voedselarm blijft, ganzen wegblijven en doelvegetatie zich snel vestigt.

Op lange termijn ook andere poelen en kuilen opschonen:

Door ook andere poelen in het zoekgebied van Figuur 44 op termijn op te schonen, kan middels een cyclisch beheer het voortbestaan van waterplanten-rijke wateren worden verzekerd. Hiervoor komen met name poelen K11 en de naamloze poel ten westen van K11 in aanmerking.

Aanbrengen doelsoorten na opschonen:

Ook verdient het aanbeveling om in de opgeschoonde situatie meteen materiaal van doelsoorten aan te brengen op droogvallende delen. Bijvoorbeeld door wat bodem van waterplanten-rijke, niet met watercrassula geïnfecteerde wateren aan te brengen. Het is niet waarschijnlijk dat watercrassula geheel wegblijft, wel kan zo worden voorkomen dat deze zo dominant wordt dat er geen ruimte meer is voor andere waterplanten.

9.2.2 Inrichting en beheer gericht op oude successiestadia

Het beheer in de delen van de Oude en Nieuwe Leemkuilen waar gestreefd kan worden naar verdere successie is een beheer van niets doen.

Plaatselijk verwijderen bramen:

Enig extra beheer in de vorm van verwijderen van bramen en andere ruige ondergroei is wellicht gewenst om een maximale bladafvoer (via de wind) te stimuleren. Dit beheer is niet opgenomen op de Inrichting en beheerkaart, maar is maatwerk en dient door de beheerder in het terrein te worden uitgevoerd. De beheerder dient bij dit beheer de waardevolle en kansrijke wallen met mycologische waarden zoveel mogelijk te ontzien (zie Figuur 40). Ook is het van belang de bramen in een brede strook langs de Heusdense baan in stand te houden. Deze zijn zeer effectief om recreanten uit het kwetsbare gebied te houden.

9.3 Heidekreitenplas en poelen in oeverzone

In standhouden begrazingsbeheer:

Door het feit dat de poelen rondom Heidekreiten relatief recent zijn aangelegd, bevinden zij zich nog vrij vroeg in de successie. Om de successie in de poelen en natte en droge zones rondom de poelen zo veel mogelijk af te remmen wordt aanbevolen om het begrazingsbeheer in de Heidekreiten voor te zetten.

Op termijn gefaseerd opschonen poelen H1 t/m H9:

Wanneer de poelen in het gebied waar gestreefd wordt naar jonge successiestadia te ver verlanden, wordt aanbevolen om deze gefaseerd op te schonen.

Leegpompen van de poelen wanneer vis in de poelen wordt aangetroffen:

Wanneer onverhoopt vis in de poelen terecht komt wordt aanbevolen om de poelen met een pomp droog te zetten en machinaal op te schonen.

Aanbrengen stuw ter hoogte van drempel:

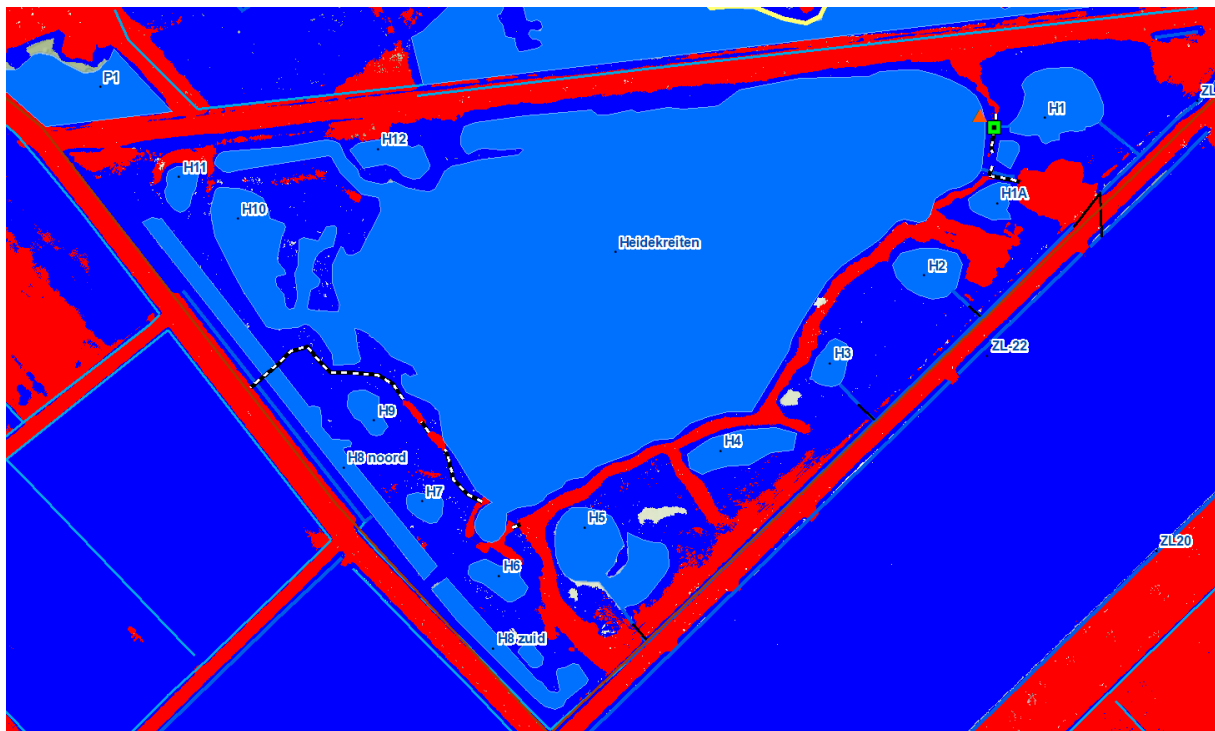
De drempelhoogte van de Heidekreitenplas wordt momenteel bepaald door de grondwal in de verbindingssloot tussen poel H1 en A-watergang ZL-22 met een hoogte van 8,8 m. +NAP. Wanneer het waterpeil van de Heidekreitenplas in een natte winter boven de bovenkant van de grondwal stijgt, zal de grondwal door het stromende water eroderen en zal de drempelhoogte weer afnemen. Het wordt daarom aanbevolen om de grondwal te vervangen door een beweegbare stuw met een stuwpeil van 8,4 à 8,8 m. +NAP. De stuw dient een bereik te hebben variërend tussen 7,8 m. +NAP (bodemhoogte van de sloot) tot 8,8 m. +NAP (maaiveldhoogte). Met de stuw kan de beheerder in geval van dreigende instroming van water uit de Heidekreitenplas in de poelen het waterpeil van de plas tijdelijk verlagen.

Aanbrengen grondwal aan de oostzijde van Heidekreiten:

Om bij extreem hoge waterpeilen in de Heidekreiten te voorkomen dat er water langs de stuw stroomt dient deze aan te sluiten aan de nieuw aan te leggen grondwal met een hoogte van 9,4 m. +NAP (40 cm hoger dan het hoogste stuwpeil). Om de dam voldoende robuust te maken dient deze een breedte van 5 m. te krijgen en talud 1:2à3.

Aanbrengen grondwal aan de westzijde van Heidekreiten:

Door het aanbrengen van de stuw aan de oostzijde van Heidekreiten ontstaat het risico op ongewenste inundatie van de waardevolle poelen aan de west en zuidzijde van Heidekreiten. Dit is niet wenselijk voor de ontwikkeling van deze zwak gebufferde wateren, omdat het water van Heidekreiten met ca. 2 mmol/l te sterk gebufferd is. Daarnaast kunnen met het inundatiewater vissen en exoten (zoals watercrassula) meekomen, die zeer schadelijk zijn voor de hier aanwezige boomkikkerhabitats. Om deze redenen dient aan de westzijde een brede grondwal te worden aangelegd met dezelfde dimensies als aan de oostzijde (kruinhoogte 9,40 m. +NAP; bovenbreedte 5 m. en taluds: 1:2à3. De nieuwe grondwal dient aan te sluiten op de reeds bestaande kaden (zie Figuur 45).



Figuur 45: Aansluiting aan te leggen grondwalmen op bestaande kaden hoger dan 9,2 m. +NAP. Achtergrond: blauw = lager dan 9,4 m. +NAP; rood = hoger dan 9,4 m. +NAP

Niet dempen zuidwestelijke randsloot (=H8):

Brabants landschap en Natuurbalans zijn voornemens om de brede sloot aan de zuidwestzijde (H8noord en H8zuid) te dempen om zo de ongewenste instroming van water vanuit Heidekreiten te voorkomen. Echter door de aanleg van de brede grondwal is dit niet noodzakelijk meer. Wellicht is het beter om deze brede sloot niet te dempen omdat deze net zoals de brede braamzones langs de Heusdense baan een zeer effectief middel zijn om ongewenste recreanten o.a. met honden uit dit zeer kwetsbare gebied te houden.

Het dempen van deze randsloot is tevens onwenselijk omdat de zeer natte strook grond tussen de brede zuidwestelijke randsloot en poel H10 zich nu onder invloed van regenwater en tijdelijke kwel vanuit de randsloot en eerste watervoerende pakket zich is aan ontwikkelen tot een bijzondere schrale kwelzone. Hier indiceren Veldrus en o.a. Kale jonker het optreden van veel oppervlakkige kwel vanuit de randsloot over de Brabantse leem richting poel H10.

Bij hoge waterpeilen in het afgedamde gebied rondom poelen H1 t/m H9 kan het water over maaiveld naar de noordwestelijke bermsloot van de Kreitenheideweg via de bestaande duiker met een bodemhoogte van 8,30 m. +NAP naar A-watergang ZL-22 stromen.

Verwijderen stuwen en duikers bij poelen H2, H3 en H5:

Tijdens de aanleg van de poelen H2, H3 en H5 is een systeem van stuwtjes, duikers en randsloot aangelegd om in het geval de poelen moesten worden drooggelegd voor het verwijderen van ongewenste vissen. Dit systeem bleek in de praktijk niet goed te werken. De poelen zijn dieper gegraven dan de binnen onderkant duiker (BOD) en bodem van de randsloot. Bij openen van de stuwtjes konden de poeltjes dus niet geheel worden drooggezet. Daarnaast bleken de stuwen kwetsbaar en functioneerde alleen nog de stuw bij poel H5. Ook lekte er ongewenst water uit de poelen door de duikers, waardoor deze met zand moesten worden dichtgemaakt. Om deze redenen zijn de zuidwestelijke poelen in de winter van 2022/23 met een pomp drooggezet. Gezien het feit dat de poelen indien nodig met een pomp kunnen worden drooggezet kunnen de drie stuwen en duikers worden verwijderd.

Aanbrengen regelstuw tussen zuidoostelijke randsloot en ZL-20:

Door het verwijderen van de stuwten en duikers bij H2, H3 en H5 verliest de zuidoostelijke randsloot zijn functie voor het, in geval van ongewenste aanwezigheid van vis in de boomkikkerpoelen, droogzetten van de drie poelen. De diepe sloot met zeer steile taluds heeft nog wel een belangrijke functie om ongewenste bezoekers uit het gebied te weren. Door bovenstrooms van de afwateringsduiker tussen deze interne sloot en de A-watgang ZL-20 een stuw te plaatsen met een bereik van 8,3 m. +NAP tot 9,3 m. +NAP verliest deze sloot een deel van zijn ontwaterende werking op de deklaag boven de Brabantse leem rondom de poelen. Hierdoor zal de peilfluctuatie van de poelen toenemen.

Aanbrengen automatische peilschaal in Heidekreiten:

Op dit moment is er geen automatische meetbuis aanwezig in de Heidekreitenplas. Gezien de sturende rol van het peil van deze plas wordt geadviseerd om het peil net zoals in Brabantse hoek met een automatisch meetpunt te meten. Deze peilschaal kan in de omgeving van de nieuwe stuw worden aangebracht.

Monitoring waterkwaliteit Heidekreitenplas:

Door de verhoging van de drempelhoogte van de zandwinplas Heidekreiten eind 2021 tot het vroegere niveau van 8,4 à 8,8 m. +NAP zal de doorstroming van de zandwinplas met sterk gebufferd grondwater uit het eerste watervoerende pakket sterk verminderen. Het is te verwachten dat de mate van buffering hierdoor geleidelijk zal afnemen. Of de buffering hierdoor zal afnemen tot waarden geschikt voor zwak gebufferde vegetaties (kleiner dan 1 mmol/l) of zeer zwak gebufferde vegetaties (0,1 – 0,5 mmol/l) is nog onzeker. Op korte termijn is er een geringe kans op afname buffering. Mogelijk wordt de mate van buffering ook sterk bepaald door de buffering van het ingebrachte kleiig zand en aanwezigheid van goed gebufferde Brabantse leem in de onvergraven delen van de oever. Het verdient daarom aanbeveling om de waterkwaliteit van de plas te monitoren (zie aanbevelingen).

9.4 Brabantse hoek

Verhogen duiker uitstroomopening Brabantse hoek:

Op dit moment stroomt een belangrijk deel van het water uit de Brabantse hoek in het winterhalfjaar uit de zandwinplas via A-watgang ZL-24 en vervolgens via A-watgang ZL-20 weg naar het oppervlaktewatersysteem. De afvoer vindt plaats via de PVC duiker rond 200 mm aan de oostzijde van Brabantse hoek met een BOD van 7,65 m. +NAP. Door de BOD van de duiker met 25 cm te verhogen tot 7,90 m. wordt er langer water vastgehouden in de zandwinplas en zal het waterpeil in de winter naar verwachting stijgen. In het voorjaar zal het waterpeil door de algehele daling van de stijghoogte in het ondiepe regionale systeem onder de drempelhoogte uitzakken. Het tijdstip zal echter worden vertraagd doordat er langer water in het gebied wordt vastgehouden. Door de winterse peilverhogingen zal de peilfluctuatie op de oevers enigszins toenemen. Hierdoor wordt de breedte van de zone waar zeer zwak gebufferde venvegetaties zich kunnen ontwikkelen vergroot.

Daarnaast wordt in een breder verband meer grondwater vastgehouden in het ondiepe regionale systeem, waardoor de stijghoogte en waterpeil in Brabantse Hoek in droge zomers zoals in 2018-2020 en 2022, minder snel onderuit zal zakken.

Aanbrengen overstort aan westzijde Brabantse hoek:

Om bij extreem hoge waterpeilen in Brabantse hoek te voorkomen dat het water over de grondwal van A-watergang ZL-24 stroomt en hier een gat in slaat, dient naast de verhoogde duiker een overstort stuw te worden aangebracht, waarover het water gecontroleerd kan worden afgevoerd. Het aanbrengen van een ruimere duiker om overstroming te voorkomen is niet wenselijk. De duiker moet een knijpduiker zijn, die zorgt voor voldoende fluctuatie in de Brabantse hoek. Tevens zorgt de relatief kleine duiker voor een vertraging van de afvoer, waardoor langer water in deze plas wordt vastgehouden.

Verplaatsen automatische meetbuis P45C0034:

De automatische meetbuis P45C0034 aan de noordwestzijde van de Brabantse hoek staat te hoog op het talud om ook de lage zomerpeil van de plas te meten. De meetbuis dient daarom te worden verplaatst naar een zodanig lagere plaats op het talud dat ook lage zomerpeilen kunnen worden gemeten. Hoewel geen zomerpeilen zijn gemeten in de droge zomers vanaf 2017 zijn gemeten lijkt een minimaal peil van 6,0 m. +NAP realistisch te zijn. Voor de zekerheid zou de onderkant van de meetbuis op een hoogte van 5,0 m. +NAP moeten worden aangebracht.

9.5 Poelen en graslanden noordwest

Gezien het feit dat hier geen of nauwelijks potenties zijn voor (zeer) zwak gebufferde wateren of nat schraallanden/vochtige hooilanden, zijn hier geen maatregelen voorzien.

Het beheer van de poelen kan worden gericht op de boomkikker en kamsalamander.

Door een beheer van maaien en afvoeren, eventueel uitmijnen en of begrazing kunnen de noordwestelijke graslanden verder worden ontwikkeld tot relatief soortenarme kruiden- en faunarijke graslanden en leefgebied voor de genoemde amfibiesoorten.

10 Aanbevelingen

1. De ruwe meetgegevens van de waterpeilen in filters 001, 004 en 007 in meetpunt B45C0390 vertonen verwerkingsfouten (met name in periode na 2019) die door de beheerder (waterschap de Dommel) dienen te worden gecorrigeerd.
2. De voor het N2000 gebied belangrijke peilbuis B45C1081 vertoont vanaf december 2016 een merkwaardig en sterk dalend verloop. Het waterschap wordt verzocht om de werking van deze peilbuis te controleren en deze zonodig te repareren.
3. Het meetbereik van peilschaal B45C0034 in de waterwinplas Brabantse hoek is onvoldoende om ook oppervlaktewaterpeilen lager dan +7,2 m NAP te meten. De bestaande meetbuis dient daarom te worden vervangen door een meetbuis met een meetbereik van +6,0 tot +9,0 m NAP.
4. In de waterwinplas Heidekreitenplas is momenteel geen automatische meetbuis aanwezig om het verloop van het oppervlaktewaterpeil te meten. Dit is zeer wenselijk aangezien de waterplas van belang is voor het vasthouden van grond- en oppervlaktewater en het risico op instromen van water uit de Heidekreitenplas met vissen in de Boomkikkerpoelen aan de zuidoost en zuidwestoever. Het wordt daarom aanbevolen om hier evenals in de Brabantse Hoek een meetbuis aan te brengen met bereik van +6,0 tot +9,0 m NAP.
5. Peilverhoging van de Heidekreitenplas en Brabantse hoek heeft invloed op de buffering van deze wateren. Het wordt aanbevolen om naast de peilen van deze plassen ook de waterkwaliteit te monitoren (minimaal 4 metingen per jaar).
6. Voordat maatregelen worden uitgevoerd is nog enig nader onderzoek noodzakelijk.
 - Een analyse maken per poel of kuil op basis van de waargenomen waterkwaliteit en waterdiepten en de optimale getalswaarden voor waterkwaliteit en waterdiepte van zwak gebufferde vennen vermeld in de recente provinciale tabellen (was geen onderdeel van deze opdracht).
 - Er is een kennislacune over de samenstelling van de bodemlaag onder de putten in de oude en nieuwe leemkuilen waar ook lage zandruggen voorkomen.
 - Voortzetten van (handmatige) metingen in waterplassen en enkele poelen/kuilen om seizoen fluctuaties waar te nemen, evt. m.b.v. dataloggers.
7. Tevens dienen de voorgestelde maatregelen gecheckt te worden op hun ecologisch effect op de actuele aanwezige natuurwaarden. De effecten van de recente natte jaren zijn niet verwerkt in deze rapportage, omdat het ook niet de opdracht was.

Bronnen

- Arnolds, E en Veerkamp, M. 2008.** *Basisrapport Rode lijst Paddenstoelen*. sl : Nederlandse Mycologische Vereniging, 2008.
- Arts, G.H.P., van Beers, P.W.M., Belgers, J.D.M., Wortelboer, F.G., 2001.** *Gedifferentieerde normstelling voor nutriënten in vennen: onderbouwing en toetsing van kritische depositieniveaus en effecten van herstelmaatregelen op het voorkomen van isoetiden*. Alterra/RIVM rapport 262
- Bot, Bram. 2024.** Grondwaterzakboekje. *Grondwaterzakboekje*. [Online] 2024.
<http://www.grondwaterzakboekje.nl/>.
- Buren, M. van en Rijen, L. van. 1987.** *Landschapsplan de Leijen. Van denkraam naar raamwerk*. 1987.
- Crombaghs, B.H.J.M. en Hoogerwerf, G. 1995.** *Natuurontwikkeling door zandwinning, met de nadruk op uitbreiding van leefgebied van de Boomkikker, in de Leemkuilen te Udenhout*. Nijmegen : Limes divergens, 1995.
- Crombaghs, B.H.J.M. 2005.** *Natuurontwikkeling door zandwinning in de Leemkuilen te Udenhout*. Nijmegen : Natuurbalans limes Divergens, 2005.
- Geologische Dienst Nederland, TNO. 2022.** Grondwaterstanden in beeld. *Grondwatertools*. [Online] 2022.
<https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>.
- Inberg, H. en Dorst, M. van. 2009.** *Ecohydrologische quickscan natte natuurparel Leemkuilen*. 2009.
- LB&P ecologisch advies en Heidemij advies. 1994.** *Vegetatiekartering en ecologische systeembeschrijving landinrichtingsgebied de Leyen*. 1994.
- Londo, G. 1967.** *Advie over enige te onlemen percelen te Udenhout (toekomstig natuurreserveaat van het Brabants Landschap)*. 1967.
- 2017.** *Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen - Natura 2000 Beheerplan*. 2017.
- Natura2000. 2020.** *Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen. Natura2000*. [Online] 2020.
<https://www.natura2000.nl/gebieden/noord-brabant/loonse-en-drunense-duinen-leemkuilen>.
- Sande, A. van de. 1988.** *De Leyen: natuurwaarden en een visie op de natuurontwikkelingsmogelijkheden*. sl : LB&P Advies en Heidemij Advies, 1988.
- Seelen, L. 2014.** *Visplas de Leemkuilen juni 2014. Veldwerk diepe plassen onderzoek*. 2014.
- Stichting voor Bodemkartering. 1985.** *Bodemkaart van Nederland*. 1985.
- TNO NITG. 2022.** *Ondergrondmodellen. Dinoloket*. [Online] 2022.
- Verhees, J, Eimers, N en Crombaghs, B. 2020.** *Bestijding invasieve exoten in de Leemputten concept*. 2020.
- Verhees, J.J.F., Crombaghs, B.H.J.M. en Eimers, N. 2017.** *Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen - Natura2000 beheerplan*. 2017.
- Wageningen Environmental Research. 2019.** Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.0000. Wageningen : sn, 2019.
- Wageningen University & Research. 2019.** B53 - Dekzandrug. *Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000*. [Online] 2019. <https://legendageomorfologie.wur.nl/>.
- Waterschap De Dommel. 2025.** *Vastgestelde Legger Waterstaatswerken 2023*. Boxtel : sn, 2025.

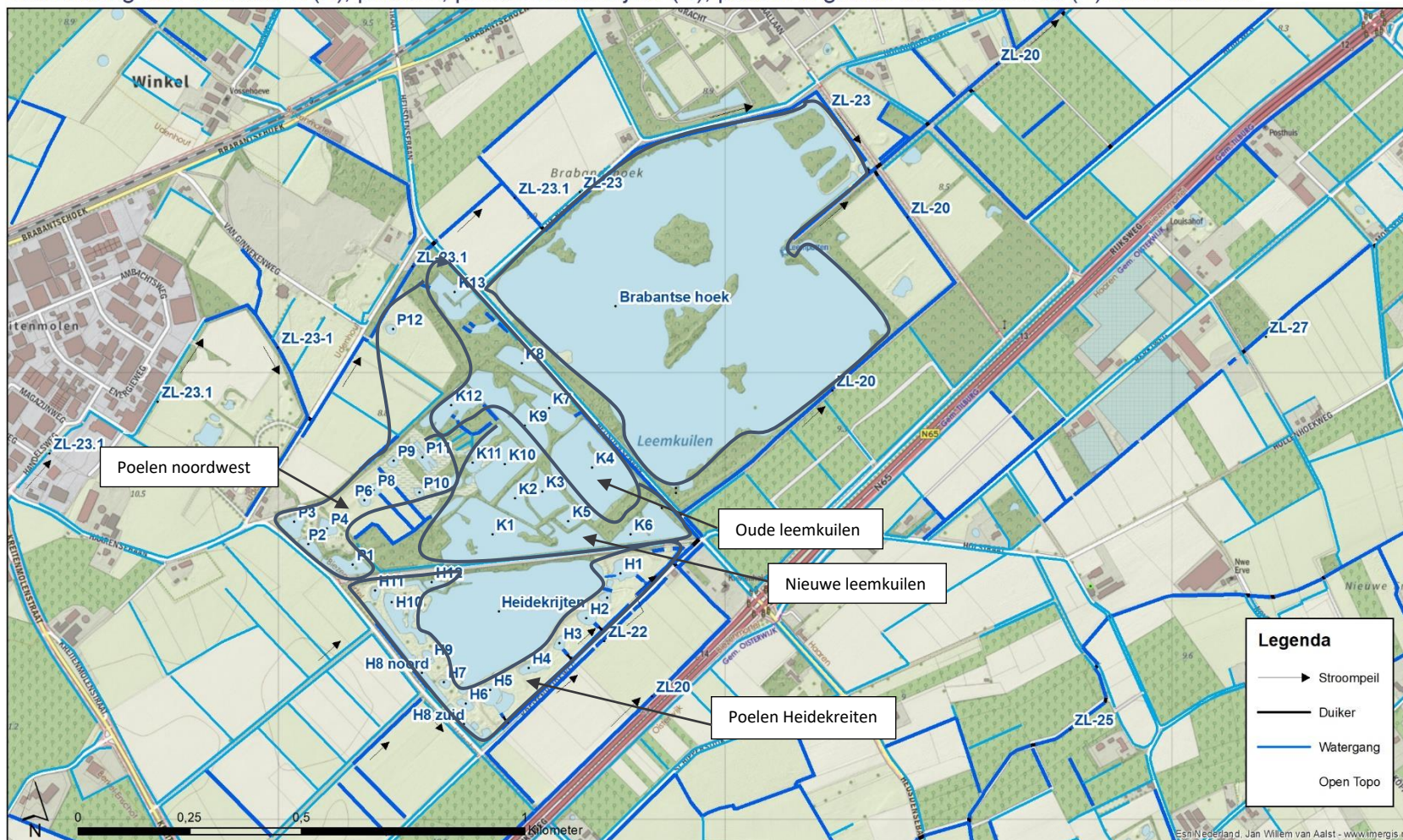
Bijlage 1: Namen en nummering van kuilen, grote plassen, poelen Heidekreiten, poelen noordwest en A-watergangen

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

Ecohydroloog: Karel Hanhart Projectnummer: 201013 Datum: 2-6-2022



Nummering van leemkuilen (K), plassen, poelen Heidekrijten (H), poelen in graslanden noordwest (P) en A-wateren



Bijlage 2: Meetpunten grond- en oppervlaktewaterpeilen

Eelerwoude

Ecohydroloog: Karel Hanhart Projectnummer: 201013 Datum: 15-6-2022



Bijlage 3: Technische gegevens peilbuizen en peilschalen

Technische gegevens peilbuizen Dinoloket

Name	NITGCode	OLGACode	FilterNo	StartDateTime	XCoordinate	YCoordinate	SurfaceLevel	WellTopLevel	FilterTopLevel	FilterBottomLevel	Status
[String]	[String]	[String]	[Integer]	[ExcelDate]	[m]	[m]	[m+ref]	[m+ref]	[m+ref]	[m+ref]	[Categorical]
B44H0442	B44H0442	44HL0060	1	29-4-1955	139740	400950	10,35	10,27			Active
B45C0390	B45C0390	45CP0390	1	9-6-2017	140201	402097	9,60	10,34	2,53	1,53	Active
B45C0390	B45C0390	45CP0390	2	9-6-2017	140201	402097	9,60	10,34	-10,47	-12,47	Active
B45C0390	B45C0390	45CP0390	3	9-6-2017	140201	402097	9,60	10,34	-44,47	-46,47	Active
B45C0390	B45C0390	45CP0390	4	9-6-2017	140201	402097	9,60	10,34	-94,47	-96,47	Active
B45C0390	B45C0390	45CP0390	5	9-6-2017	140201	402097	9,60	10,34	-129,47	-131,47	Active
B45C0390	B45C0390	45CP0390	6	9-6-2017	140201	402097	9,60	10,34	-148,47	-150,47	Active
B45C0390	B45C0390	45CP0390	7	9-6-2017	140201	402097	9,60	10,34	-170,47	-172,47	Active
B45C1031	B45C1031		1	18-7-2007	140168	402181	9,28	9,93	6,92	5,92	Active
B45C1032	B45C1032		1	18-7-2007	140764	402535	9,46	9,98	5,98	4,98	Active
B45C1081	B45C1081		1	12-6-2008	140406	401857	8,69	9,13	5,74	4,74	Active
P45C0034	P45C0034		1	18-2-2015	140501	402223					Active

Technische gegevens in het kader van het project geplaatste en herontdekte projectpeilbuizen

locatie	Meetpunt	filter	X	Y	bovenkant peilbuis (bpb) m. +NAP	Maaiveld m. +NAP	lengte buis m.	top filter m. +NAP	bottom filter m. +NAP	top filter m. -mv	bottom filter m. -mv	aflezing 16-3-2021 m-bpb	aflezing 29-6-2021 m-bpb	aflezing 3-11-2021 m-bpb	aflezing 3-3-2022 m-bpb	stijghoogte 16-3-2021 m +NAP	stijghoogte 29-6-2021 m +NAP	stijghoogte 3-11-2021 m +NAP	stijghoogte 3-3-2022 m +NAP	bodemlaag
zuidzijde poel H4	PB-1	1	140568	401301	9,79	9,22	3,42	7,37	6,37	1,85	2,85	1,63	2,17	1,86	1,28	8,16	7,62	7,93	8,51	wvp-1
Haarense baan	PB-2	1	140315	401586	8,96	8,42	2,30	7,66	6,66	0,76	1,76	0,70	1,44	1,03	?	8,26	7,52	7,93		wvp-1
poel noordwest	PB-3	1	140212	401755	9,48	8,89	3,55	6,93	5,93	1,96	2,96	1,20	1,90	1,55	0,82	8,28	7,58	7,93	8,66	wvp-1
Heidekreiten noordwest	PB-4	1	140173	401493	9,37	8,79	2,45	7,92	6,92	0,87	1,87	0,98	1,64	1,41	0,65	8,39	7,73	7,96	8,72	wvp-1
berm Molenbaantje west	PB-5	1	140062	401892	10,11	9,61	5,00	6,11	5,11	3,50	4,50	1,93	2,65	2,17	1,66	8,18	7,46	7,94	8,45	wvp-1
berm Heusdense baan	PB-6	1	140683	401913	10,37	9,94	?	?	?	?	?	2,53	2,88	?	?	7,84	7,49			wvp-1

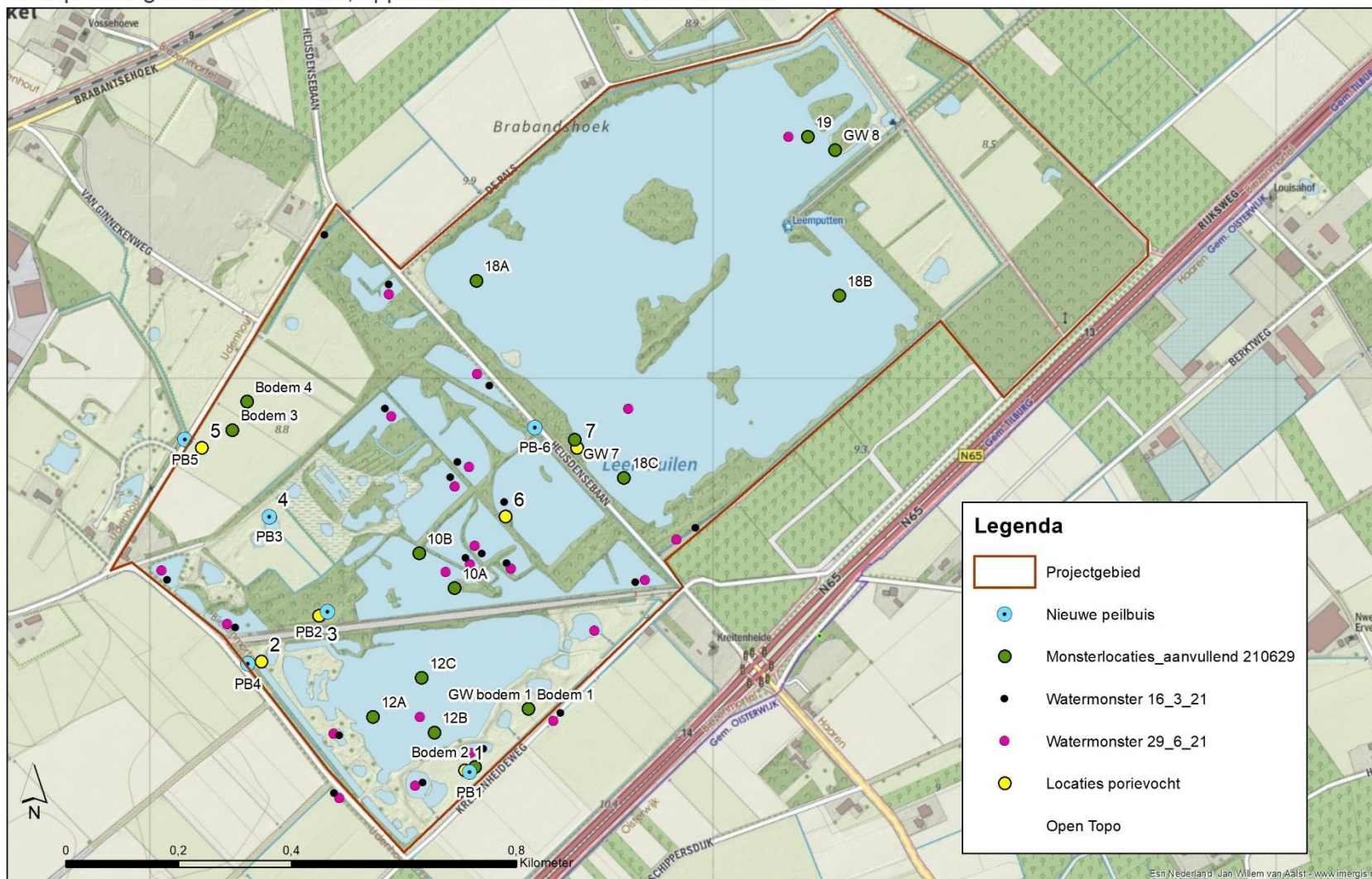
Bijlage 4: Meetpunten bodem-, slib-, grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit (B-WARE)

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

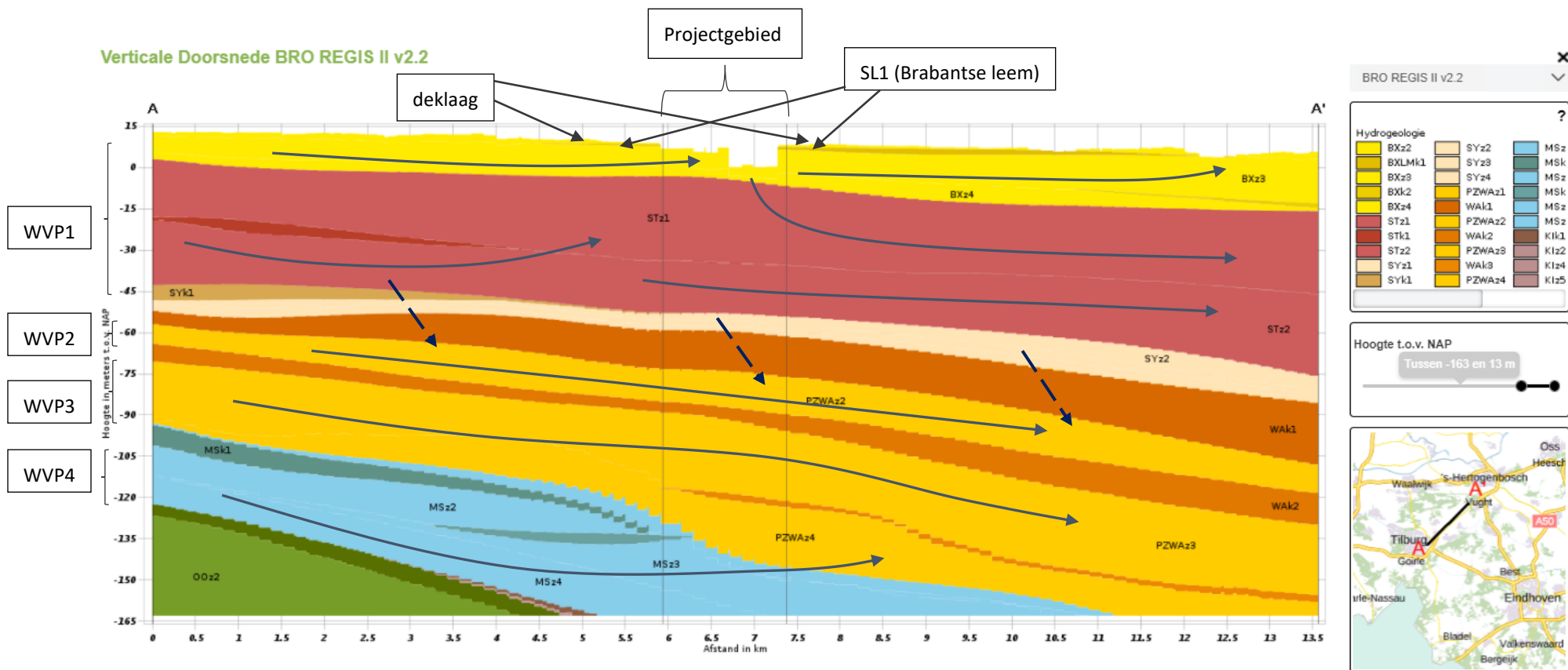
Meetpunten grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit en bodemslib



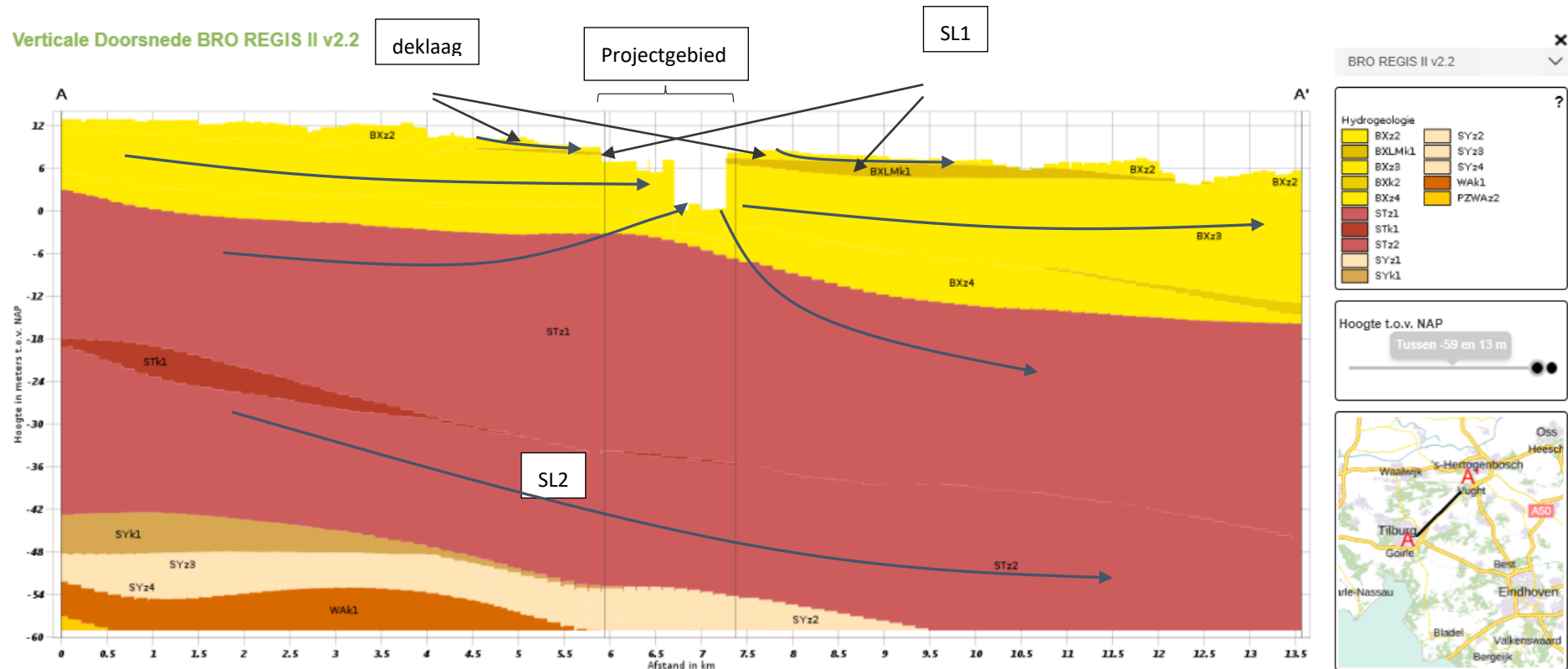
Ecohydroloog: Karel Hanhart Projectnummer: 201013 Datum: 1-9-2022



Bijlage 5: Geo-hydrologische schematisatie Leemputten en omgeving (bron: Dinoloket Regis II v2.2)



Figuur 46: Geohydrologische schematisatie van de ondergrond van de omgeving van de Moerputten (TNO NITG, 2022) met eigen interpretatie stroomrichting grondwater. De dwarsdoorsnede doorsnijdt de nieuwe en oude Leemputten en zandwinplas Brabantse hoek.



Figuur 47: Ingezoomde dwarsdoorsnede van de diepere bodemopbouw (TNO NITG, 2022) en eigen interpretatie grondwaterstroming. De dwarsdoorsnede doorsnijdt de nieuwe en oude Leemputten en zandwinplas Brabantse hoek.

Bijlage 6: Waterstanden 4 meetronden, de fluctuaties tussen deze meetronden en de waterdiepten

Deelgebied	locatie	code	Waterpeil	Waterpeil	Waterpeil	Waterpeil	Daling /Stijging	Daling /Stijging	Stijging	bodem m. +NAP	water diepte 3-11-2021	water diepte 3-3-2022		water diepte 16-3-2021	water diepte 29-6-2021	VERHOUDING WATERDIEPTE MRT EN JUNI
			16-3-2021	29-6-2021	3-11-2021	3-3-2022	Waterpeil 29-6-2021	Waterpeil 3-11-2021	Waterpeil 3-3-2022							
			NAP (m)	NAP (m)	NAP (m)	NAP (m)	cm	cm	cm							
Oude Leemkuilen	kleine leemkuil bij B1081	K11	8,11	7,87	niet gemeten	8,38	-24	-7	54	7,83		0,55		0,28	0,04	7,00
	oude leemkuil NW	K12	7,83	7,71	7,64	8,18	-12	-17	59	7,23	0,41	0,95		0,60	0,48	1,25
	oude leemkuil centraal	K9	7,68	7,7	7,53	8,12	2	-17	59	7,00	0,53	1,12		0,68	0,70	0,97
	driehoekige oude Leemkuil ZW	K7	7,75	7,65	7,5	8,07	-10	-15	57	7,00	0,50	1,07		0,75	0,65	1,15
	oude leemkuil langs Heusdense baan	K4	7,73	7,66	7,46	8,04	-7	-20	58	6,55	0,91	1,49		1,18	1,11	1,06
	driehoekige oude Leemkuil NO langs HB	K8	7,7	7,58	7,45	8	-12	-13	55	7,00	0,45	1,00		0,70	0,58	1,21
	mediaan		7,74	7,68	7,5	8,10	-6,0	-18,0	59,5							
Nieuwe Leemkuilen	oude leemkuil centraal	K10	7,99	7,97	8	8,3	-2	3	30	6,90	1,10	1,40		1,09	1,07	1,02
	kleine nieuwe leemkuil	K5	7,77	7,83	7,73	8,2	6	-10	47	7,00	0,73	1,20		0,77	0,83	0,93
	Grote leemkuil langs Haarense baan, diep stuk	K1	7,86	7,79	7,55	8,2	-7	-24	65	7,16	0,39	1,04		0,70	0,63	1,11
	nieuwe leemkuil	K3	7,68	7,8	7,76	8,19	12	-4	43	6,90	0,86	1,29		0,78	0,90	0,87
	nieuwe leemkuil	K2	7,75	7,78	7,64	8,14	3	-14	50	6,90	0,74	1,24		0,85	0,88	0,97
	leemkuil langs Haarense baan west	K6	n.g.	7,75	7,55	8,2		-20	65	7,15	0,40	1,05				
	mediaan		7,77	7,795	7,685	8,2	2,5	-11,0	51,5							
Heidekreiten Brabantse hoek	Heidekreiten	HK	7,97	7,96	7,75	8,4	-1	-21	65	-3,60	11,35	12,00		11,57	11,56	1,00
	Brabantse hoek	BH	7,68	7,43	7,2	8	-25	-23	80	-8,00	15,20	16,00		15,68	15,43	1,02
	grote diepe deel poel met Teer vederkruid	H5	9,15	9,05	9,05	9,26	-10	0	21	8,00	1,05	1,26		1,15	1,05	1,10
	grote poel ondiep	H5	9,15	9,05	9,05	9,26	-10	0	21	8,50	0,55	0,76		0,65	0,55	1,18
	zuidoostoever bij PB1	H4	8,88	8,45	8,45	9,04	-43	0	59	8,20	0,25	0,84		0,68	0,25	2,72
	zuidoostoever	H2	8,51	8,26	8,3	8,56	-25	4	26	8,00	0,30	0,56		0,51	0,26	1,96
	zuidoostoever	H3	8,45	8,08	8,23	8,6	-37	15	37	8,00	0,23	0,60		0,45	0,08	5,62
Heidekreiten	zuidoostoever	H1A	8,3	<8,17<droog	8,24	8,52			28	8,20	0,04	0,32		0,10		
	kleine poel zuidhoek	H6	8,3	n.g.	8	8,67			67	7,60	0,40	1,07		0,70		
	zuidwest	H9	8,26	8,14	8,23	8,4	-12	9	17	6,90	1,33	1,50		1,36	1,24	1,10
	zuidwest met moerashertshooi	H7	8,16	8,09	8	8,55	-7	-9	55	7,60	0,40	0,95		0,56	0,49	1,14
	kleine poeltje noordwesthoek	H11	8,27	7,85	7,85	8,6	-42		75	7,10	0,75	1,50		1,17	0,75	1,56
	lange grenssloot	H8	8,3	7,9	7,8	8,5	-40	-10	70	7,00	0,80	1,50		1,30	0,90	1,44
	kleine poeltje bij Haarense watervolier	H12	8,14	7,76	7,78	8,43	-38	2	65	7,30	0,48	1,13		0,84	0,46	1,83
	grote poel in verbinding met HK	H10	7,97	7,96	7,8	8,4	-1	-16	60	7,50	0,30	0,90		0,47	0,46	1,02
Poelen	poel NO met doorloop	H1	7,84	7,82	8,08	8,23	-2	26	15	niet gemeten						
	mediaan		8,30	8,09	8,16	8,56	-21,5	7,0	40,0							
	poel in grasland , uitgediept	P6	8,36	<8,09<droog	8,07	8,78			71	7,86	0,21	0,92		0,50		
	poel Haarense baan NW	P3	8,2	8,12	8,07	8,57	-8	-5	50	7,50	0,57	1,07		0,70	0,62	1,13
	poel in grasland bij PB3	P8	8,26	7,83	7,75	8,76	-43	-8	101	7,10	0,65	1,66		1,16	0,73	1,59
	poel Haarense baan midden	P2	8,06	8,02	7,78	8,5	-4	-24	72	7,10	0,68	1,40		0,96	0,92	1,04
	poeltje in grasland ZO	P10	n.g.	<7,97<droog	8,1	8,6			50	7,95	0,15	0,65				
Poelen	lange poel	P11	8,17	<8,16<droog	droog	8,43			74	8,10	droog	0,33		0,07		
	poel Haarense baan ZW	P1	8,11	7,94	7,76	8,5	-17	-18	92	6,85	0,91	1,65		1,26	1,09	1,16
	poeltje in grasland NW, uitgediept	P9	n.g.	7,72	7,7	8,62		-2	92	7,30	0,40	1,32			0,42	
	mediaan		8,19	7,94	7,78	8,59	-24,5	-16,0	80,5							
Sloten-west	sloot tussen graslanden NW	SL07	droog	droog	8,9	8,67			-23							
	landbouwsloot ter hoogte van PB4	SL06	8,55	niet gemeten	8,55	8,58			3							
	landbouwsloot ter hoogte van H9 in raai B	SL05	n.g.	niet gemeten	7,72	7,92			21							
	bermsloot Heidekrijten ZO in raai A	SL04	8,23	<8,18<droog		8,4										
	ZL22 ZO kreiendeideweg raai A	SL03	7,69	7,63		7,75	-6									
	ZL22 bov str gemaal Heusdense baan	SL01	droog	7,59	7,58	7,62		-1	4							
	ZL22 ben str gemaal Heusdense baan	SL02	8,34	niet gemeten	8,38	8,37			-1							
	sloot noordzijde grasland NW	SL08	7,95	7,78	7,84	>7,96	-17	6								
Sloten-oost	A-watergang ZL-23-1 (noordwest)	SL09	7,93	n.g.	7,84	>7,96				7,63						
	ZL 23-1 bij P12	SL15	n.g.	7,81												
	mediaan		8,09	7,705	7,84	8,37	-38,5	13,5	53,0							
Peilbuizen	A-water ZL-23 bij Brabantse hoek	SL10	7,48	7,34	7,41	7,38	-14	7	-3							
	ZL 23 bov str gemaal	SL11		7,35	7,41	7,38		26	-3							
	ZL 20 bij Heusdense baan	SL14	8,16	8,1	8,09	8,2	-6	-1	11							
	ZL 20 oosthoek	SL13	n.g.	niet gemeten	7,64	7,91			27							
	ZL 20 ben str gemaal	SL12	7,52	7,61	7,56	7,65	9	-5								
	mediaan		7,52	7,475	7,56	7,65	-4,5	8,5	8,5							
Heidekrijten zuid	Heidekrijten west	PB4	8,39	7,73	7,96	8,72	-66	23	76							
	Grasland bij poel P8	PB3	8,28	7,58	7,93	8,66	-70	35	73							
	Leemputten bij Haarense baan	PB2	8,24	7,50	7,91	niet gemeten	-74	41								
	Heidekrijten zuid	PB1	8,17	7,63	7,94	8,52	-54	31	58							
	Molenbaantje west	PB5	8,18	7,46	7,94	8,45	-72	48	51							
	Heusdense baan	PB6	7,89	7,54	niet gemeten	niet gemeten	-35									
	mediaan		8,21	7,56	7,94	8,59	-65,3	38,3	65,0							

Bijlage 7: Oppervlaktewater meetpunten en naamcodes (ZL= stroomgebied Zandleij)

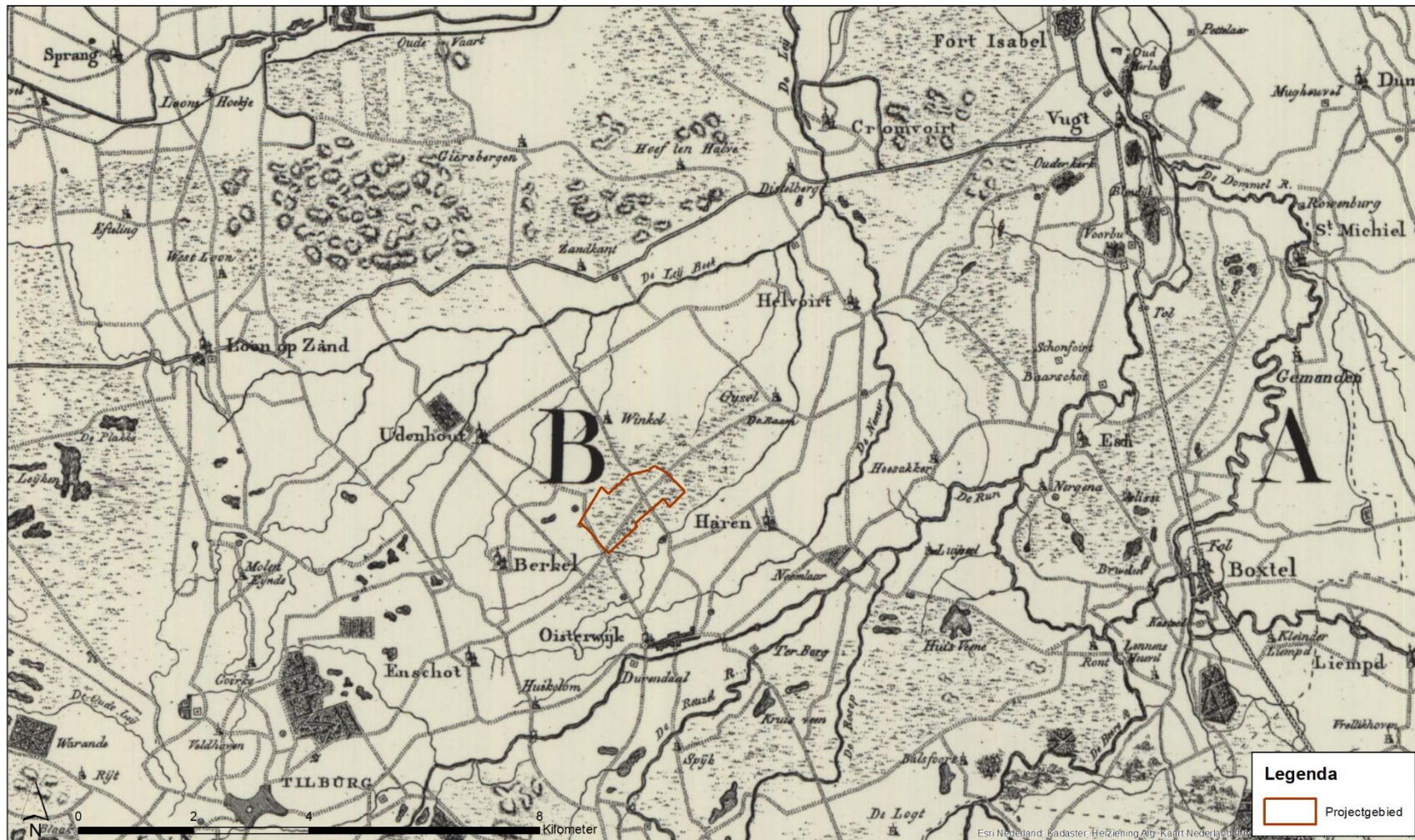
Oppervlaktewater



Bijlage 8: Historische kaart ca. 1830

Eelerwoude

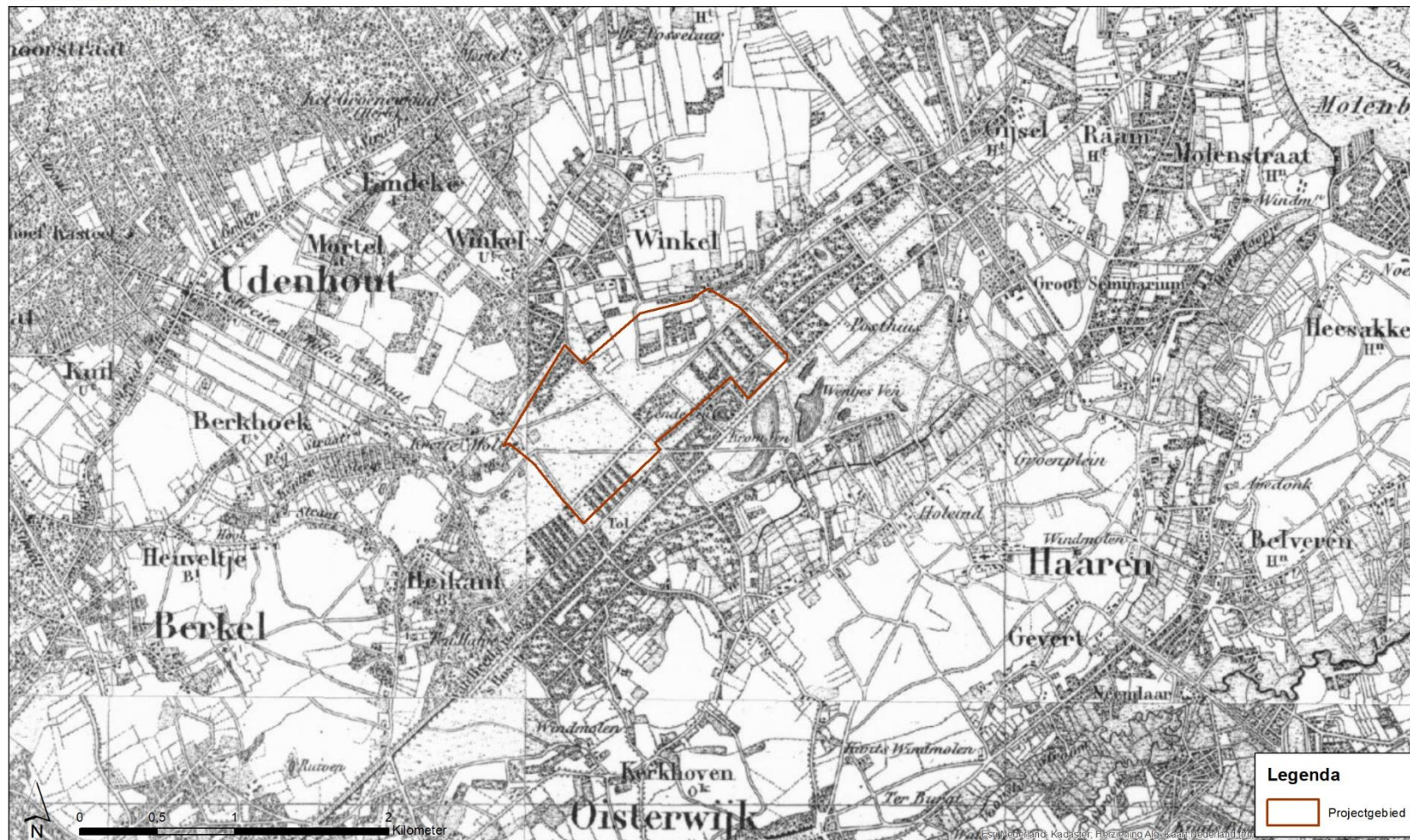
Ecohydroloog: Karel Hanhart Projectnummer: 201013 Datum: 6-5-2021



Bijlage 9: Historische kaart ca. 1850

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

Historische kaart ca. 1850



Bijlage 10: Historische kaart ca. 1900

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

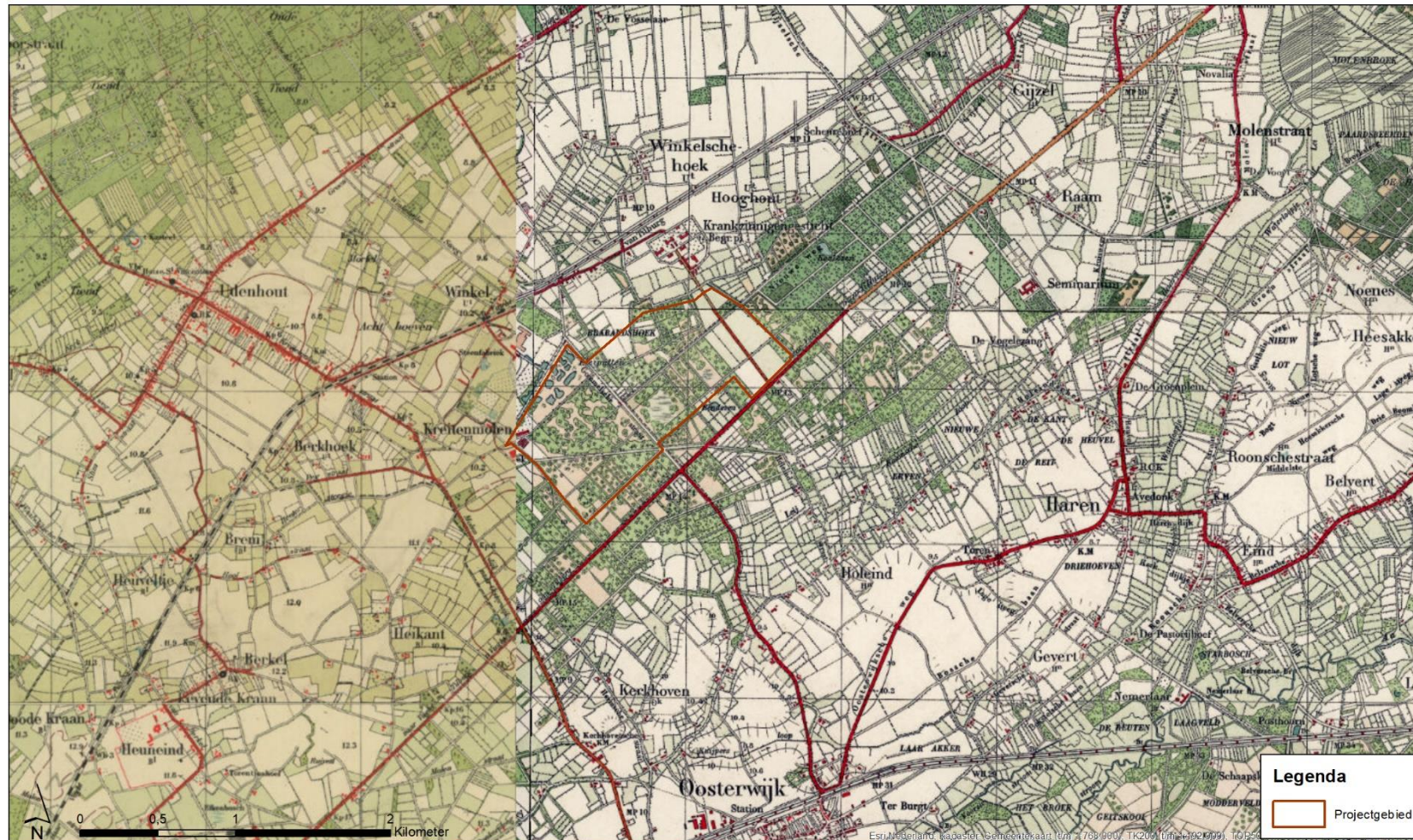
Historische kaart ca. 1900



Bijlage 11: Historische kaart ca. 1950

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

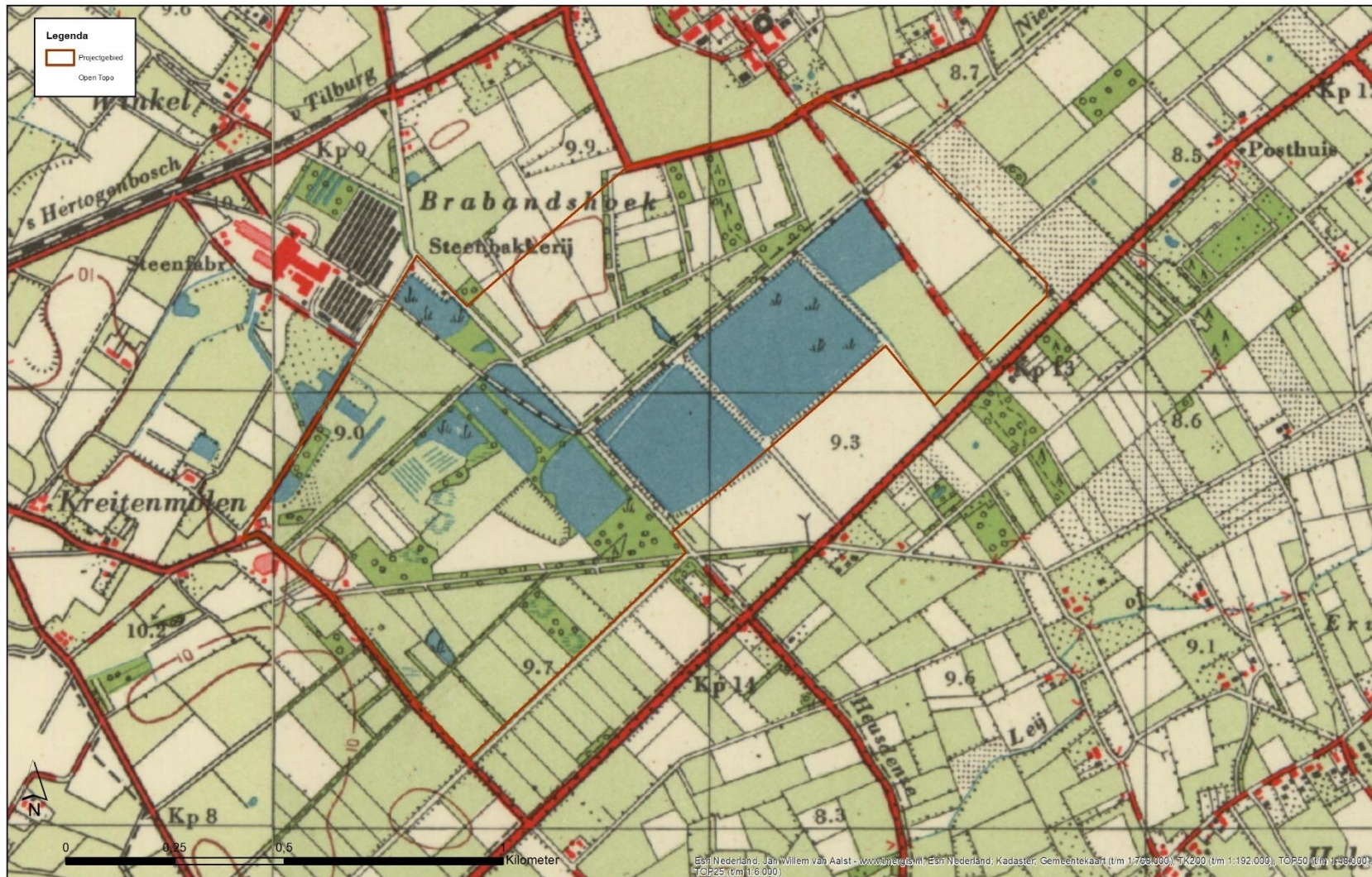
Historische kaart ca. 1950



Bijlage 12: Historische kaart ca. 1960

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

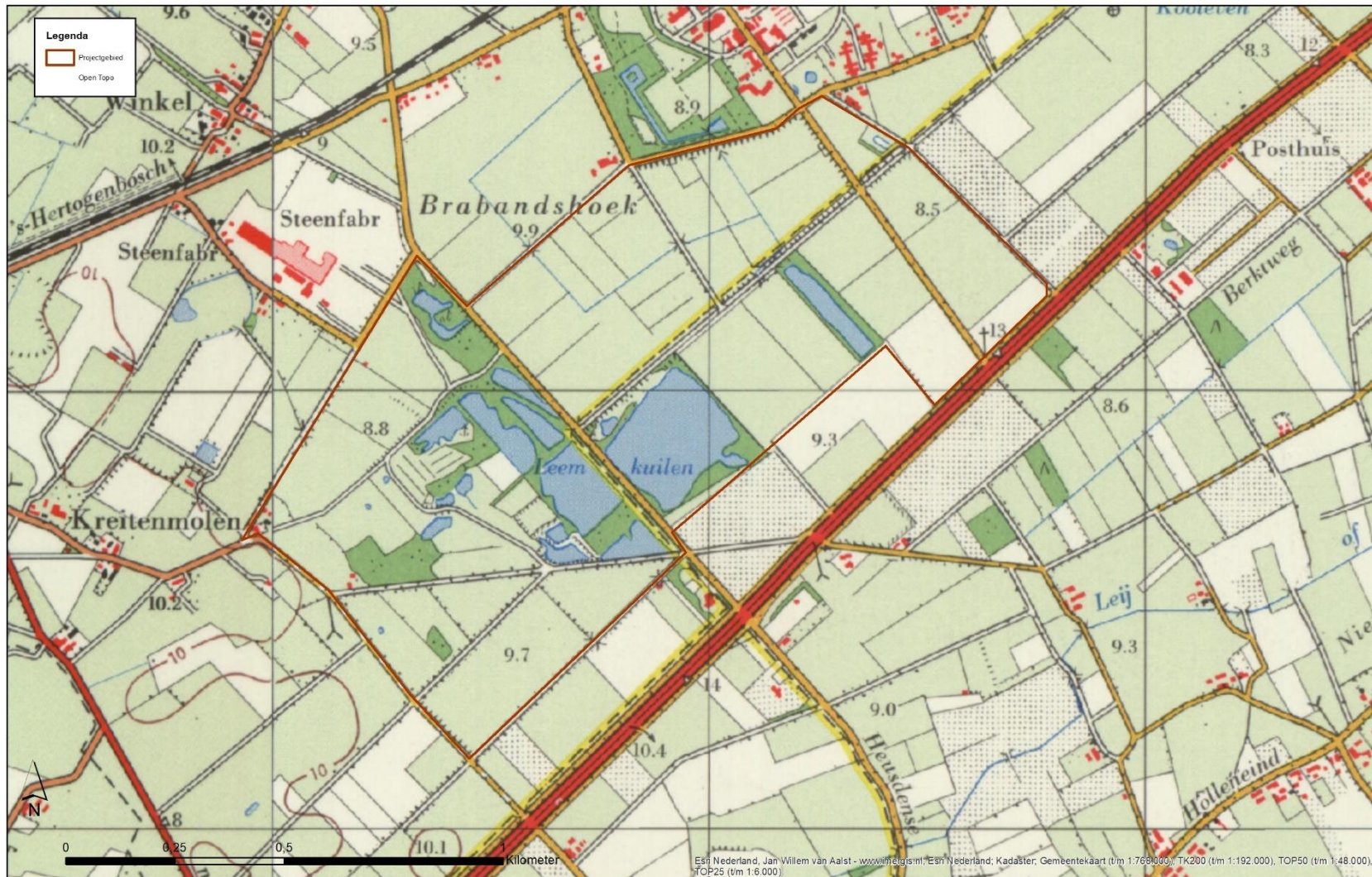
Historische kaart 1960



Bijlage 13: Historische kaart ca. 1980

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

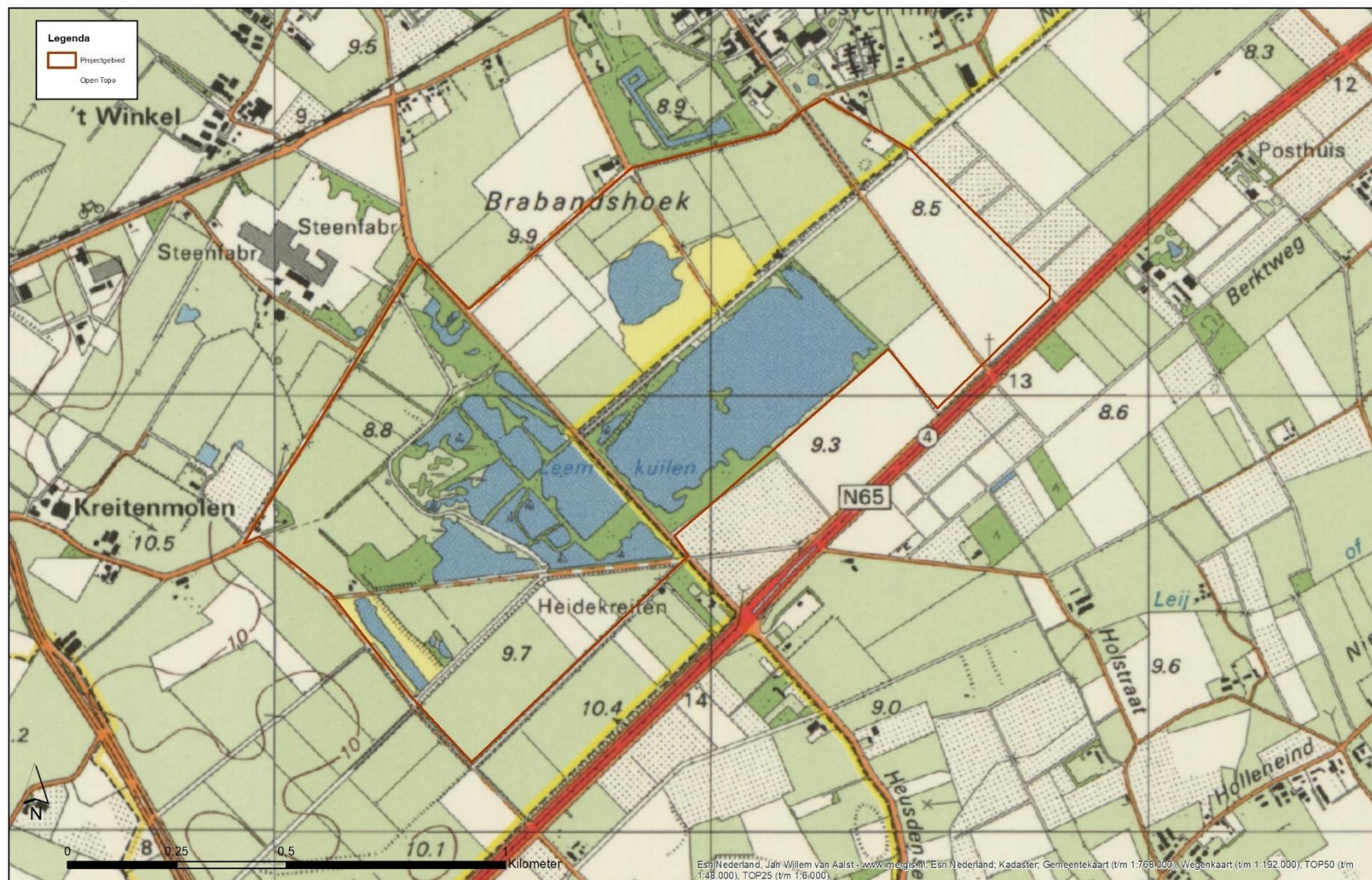
Historische kaart 1980



Bijlage 14: Historische kaart ca. 1997

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

Historische kaart 1997



Bijlage 15: Historische kaart ca. 2005

Historische kaart 2005



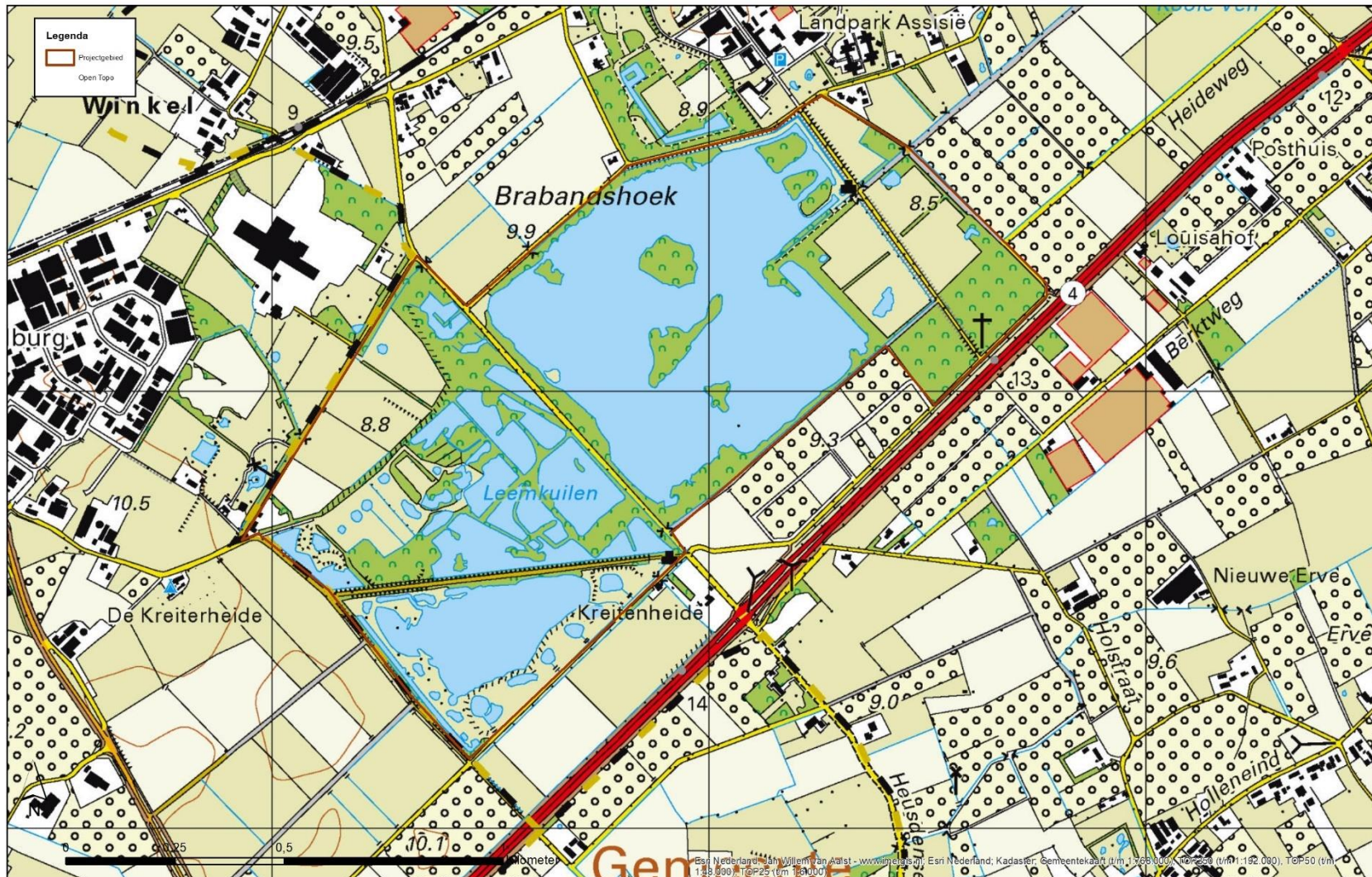
Bijlage 16: Historische kaart ca. 2016

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

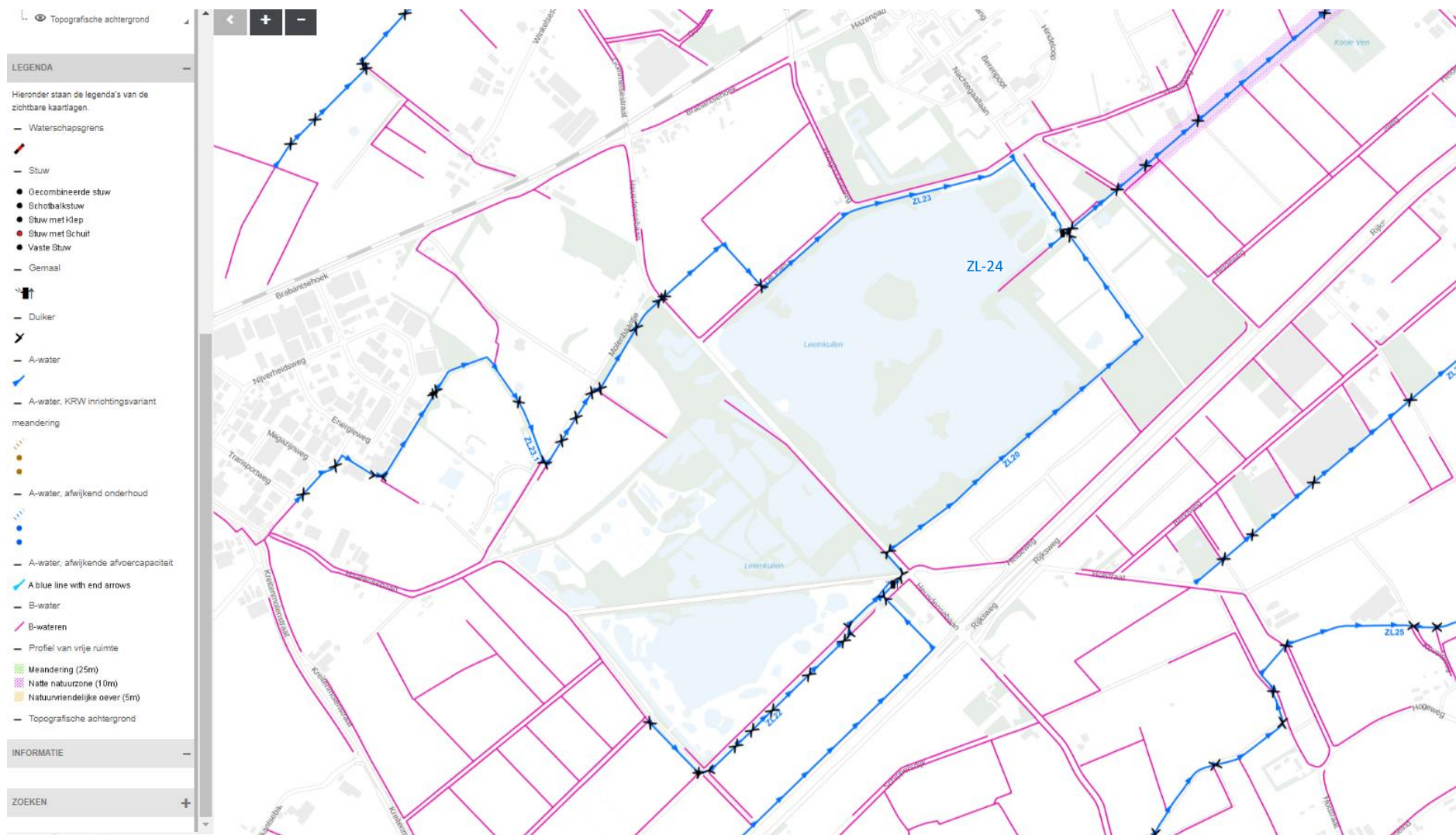
Historische kaart 2016



Ecohydroloog: Karel Hanhart Projectnummer: 201013 Datum: 1-9-2022



Bijlage 17: Huidige waterhuishouding (bron: Waterschap de Dommel)

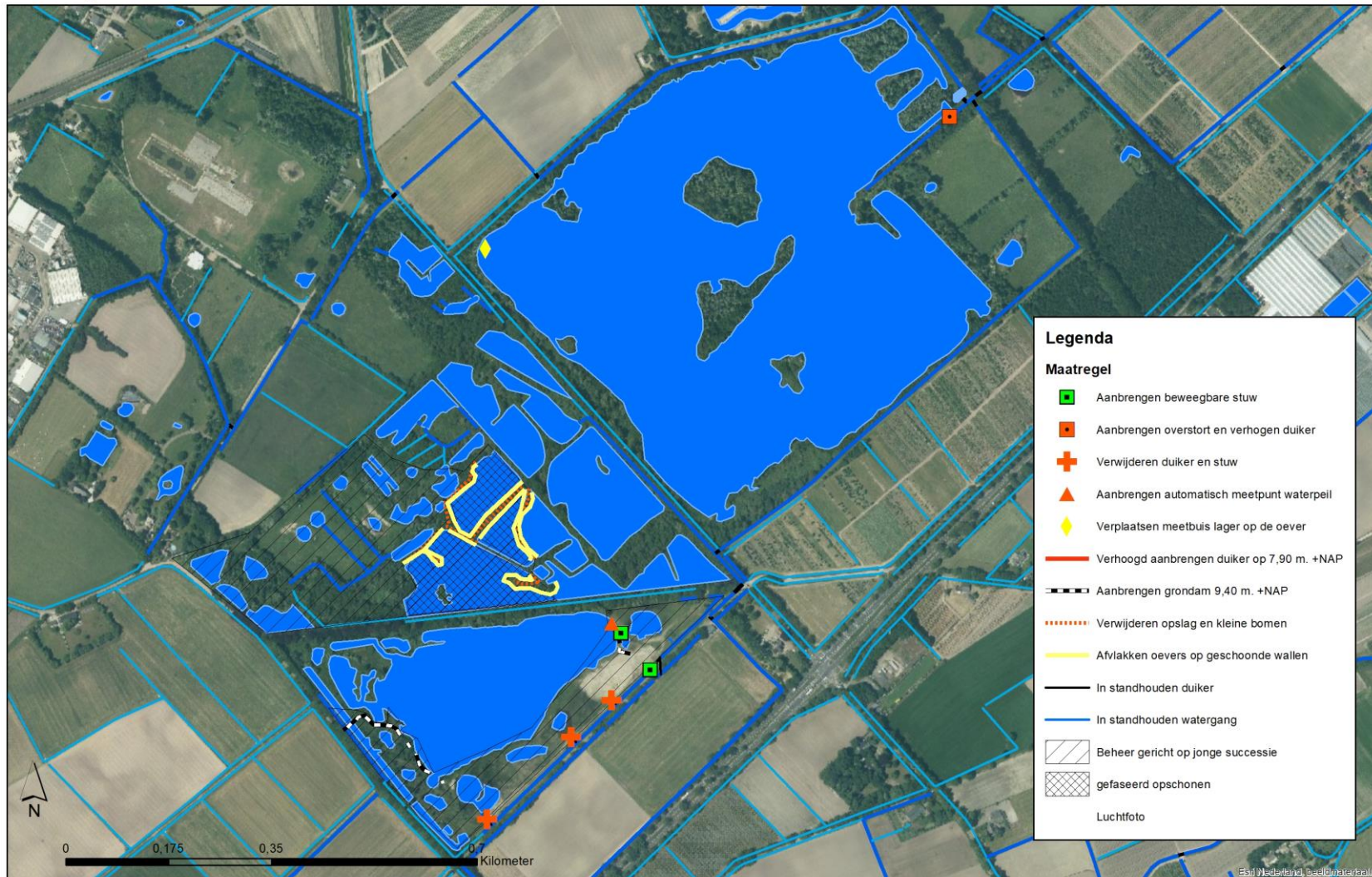


Bijlage 18: Maatregelen en beheer

Ecohydrologisch onderzoek Leemkuilen

Maatregelen en beheer

Ecohydroloog: Karel Hanhart | Projectnummer: 201013 | Datum: 4-4-2025



Bijlage 19: Watersamenstelling

Bijlage 19A: Waterkwaliteitsdata van het grondwater bemonsterd uit de peilbuizen. pH (geen eenheid), Alk = alkaliniteit in meq/l, EGV = elektrisch geleidingsvermogen in $\mu\text{S}/\text{cm}$. Overige concentraties zijn in $\mu\text{mol}/\text{l}$. Rijen met gekleurde achtergrond zijn de zomerwaarden, rijen met witte achtergrond zijn de winterwaarden.

Code locatie	pH	Alk	EGV	CO2	HCO3	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
PB1	6,87	14,6	1182	4186	12849	1,7	764,0	0,8	1064	228	600	26,3	4915	666	475	65	9,5	66	403	3,1
PB2	3,54	0,0	1740	3045	4	0,3	49,2	0,3	6937	184	7320	120,0	3188	795	1531	133	0,9	6511	487	10,9
PB3	6,04	1,1	132,8	1641	754	3,2	70,9	0,6	245	63	97	90,2	343	288	158	19	36,3	92	299	2,9
PB4	5,22	0,3	836	2864	195	6,1	45,6	0,1	3329	183	5086	38,2	1549	126	670	59	2,8	1605	185	9,6
PB1	6,84	13,8	1159	3904	11261	0,3	694,0	1,0	941	202	984	1,1	5011	103	479	57	3,8	131	457	0,1
PB2	4,11	0,0	1760	3214	17	0,4	38,2	0,6	6374	135	6098	97,4	3143	1248	1678	129	1,0	6425	492	2,3
PB3	6,30	1,2	152,9	1147	948	0,8	92,5	0,6	236	71	192	21,7	343	110	172	25	15,6	100	262	0,4
PB4	5,33	1,4	984	3543	311	0,4	68,3	0,3	3363	149	5219	7,7	1964	165	844	55	0,7	1951	144	3,3
B45 C0390-2	6,25	1,9	554	2275	1691	0,5	102,9	0,8	1477	37	1498	0,3	1440	22	400	5	3,3	1090	319	0,0
B45 0390-3	6,71	2,3	454	958	2044	0,4	17,8	0,3	911	30	1177	0,1	1439	76	261	10	2,3	649	334	0,0

Bijlage 19B: Waterkwaliteitsdata van het bodemvocht (middels rhizons uit de bodemonsters) en oppervlakkig grondwater (middels ceramische cups uit boorgat). pH (geen eenheid), EGV = elektrisch geleidingsvermogen in $\mu\text{S}/\text{cm}$. Overige concentraties zijn in $\mu\text{mol}/\text{l}$. Allen bemonsterd in de winter.

Code locatie	Bodemtype	pH	EGV	CO2	HCO3	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
K3	Slib	6,35	160	956	886	4,6	327	1,9	381	101	580	1,2	220	138	162	12	23,7	14	115	0,5
K5	Slib	6,23	151	970	688	4,5	279	2,2	432	91	699	1,8	173	112	119	9	14,5	19	164	0,2
K10	Slib	6,07	83	1051	507	4,7	270	4,0	175	57	198	1,0	80	56	46	4	12,0	10	64	0,7
K4	Slib	6,15	139	1679	973	4,8	260	1,2	392	88	482	2,2	326	99	160	8	14,5	64	218	0,2
K6	Slib	5,62	193	3437	588	4,7	112	2,5	596	106	1048	18,1	424	108	194	10	11,8	147	202	1,8
12A	Slib	6,66	642	3041	5729	2,8	735	0,2	645	179	229	0,7	2225	521	406	51	26,3	20	285	0,4
12B	Klei(ig)	6,48	288	1258	1580	2,6	30	0,0	526	110	870	0,6	841	101	178	23	4,3	245	65	0,8
12C	Slib	6,84	304	843	2444	1,9	77	0,9	567	95	747	0,9	1045	124	213	20	18,2	67	109	0,9
18A	Slib	6,55	356	1874	2759	5,0	122	0,7	776	93	964	1,0	1060	427	353	28	51,6	26	253	0,6
18B	Slib	6,54	320	1573	2248	1,8	425	0,6	656	102	940	1,1	746	436	248	33	70,7	17	468	0,7
18B	Klei	6,56	232	945	1434	1,8	171	1,7	641	71	887	1,8	574	273	195	23	41,4	25	374	1,2
18C	Mix	6,56	236	780	1176	1,9	108	0,4	639	61	1019	0,7	550	142	183	13	35,0	35	249	0,9
19	Zand	6,66	327	905	1712	2,3	91	0,1	617	83	959	0,7	1012	83	260	35	5,4	45	16	1,1
og1		6,65	401	1920	3551	6,4	164	0,2	766	72	261	0,6	1416	149	208	18	1,5	27	197	1,9
og2		6,68	772	2588	5104	1,8	332	0,2	946	147	1286	3,1	2785	369	544	87	1,2	492	199	2,9
og3		5,00	385	1103	46	703,9	7	0,2	769	342	711	46,1	623	1	419	23	0,3	435	236	14,3
og4		5,79	126	1374	351	514,9	26	0,6	261	34	349	1,0	313	1	101	1	1,0	8	90	3,2
og5		5,57	141	3507	535	62,1	7	0,2	539	24	59	19,4	235	9	205	3	0,8	336	86	9,1
og6		5,90	362	635	208	9,3	16	0,6	1701	47	1462	14,4	438	104	324	2	1,4	955	320	3,3
og7		5,30	3020	1350	113	43,7	55	0,5	11206	234	22132	65,4	6637	3	3069	178	2,4	7316	394	15,2
og8		5,09	2890	3295	169	20,5	14	0,9	11141	795	22435	24,7	4977	1	3269	190	1,7	4629	111	1,6
Landb. 1		4,80	153	2244	58		71		280	62	285	7,6	381	34	84	6	2,3	474	544	8,3

Bijlage 19C: Waterkwaliteitsdata van het oppervlaktewater bemonsterd in de leemputten, poelen en diepe plassen. pH (geen eenheid), Alk = alkaliniteit in meq/l, Turb = turbiditeit in NTU, EGV = elektrisch geleidingsvermogen in $\mu\text{S}/\text{cm}$. Overige concentraties zijn in $\mu\text{mol}/\text{l}$. Rijen met gekleurde achtergrond zijn de zomerwaarden, rijen met witte achtergrond zijn de winterwaarden.

Code locatie	pH	Alk	Turb	EGV	CO2	HCO3	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
12 (ondiep)	7,83	1,8	5	275	60	1687	19,6	7,6	0,1	558	99	307	1,6	946	1,1	185	0,4	0,5	244	3,9	0,1
12 (diep)	7,46	1,8	6	278	144	1730	26,6	13,9	0,0	621	115	310	1,5	952	1,8	185	0,7	0,4	245	6,1	0,0
18 (ondiep)	7,64	0,9	6	203	44	800	18,2	7,4	0,1	599	65	1038	0,6	494	1,9	169	0,2	0,6	162	0,8	0,0
18 (diep)	7,08	0,9	8	209	154	771	18,5	6,8	0,0	618	54	974	1,4	506	5,0	171	1,9	0,9	168	13,7	0,1
19	7,73	0,9	5	207	37	830	18,2	5,4		598	52	934	0,4	495	1,7	169	0,2	0,5	163	0,7	0,0
12 (ondiep)	8,39	1,9	4	265	18	1862	0,1	1,5	0,2	539	84	659	5,5	928	1,8	200	0,1	0,5	246	3,4	0,5
12 (spronglaag)	8,58	1,8	4	263	12	1815	0,0	1,8	0,1	520	89	633	6,0	939	1,4	198	0,1	1,2	245	2,8	0,2
12 (diep)	7,15	2,2	18	285	360	2109	0,2	5,1	0,1	524	90	634	10,1	997	17,1	208	14,0	1,2	200	16,4	0,2
18 (ondiep)	8,79	0,9	5	199	3	814	0,3	1,4	0,0	599	55	866	5,3	478	1,9	178	0,3	0,5	164	1,6	0,2
18 (spronglaag)	6,92	1,0	5	206	256	891	11,1	1,8	0,0	586	53	864	5,1	510	2,2	180	2,5	0,5	164	10,1	0,3
18 (diep)	6,84	1,2	5	219	376	1091	0,2	33,4	1,5	599	55	859	4,4	531	34,4	184	13,5	11,3	121	30,0	0,2
19	8,91	1,0	4	199	2	828	0,3	1,5	0,1	601	51	869	3,9	466	1,6	177	0,2	0,5	157	1,3	0,3
K1	6,92	0,7	8	161	125	434	20,3	6,6	0,0	576	99	667	2,3	332	11,0	169	1,4	1,3	129	19,2	0,3
K2	6,32	0,4	20	110	320	275	4,7	13,8	0,6	361	81	583	2,7	185	23,2	157	3,1	2,0	89	48,8	0,4
K3	6,04	0,2	10	56	152	69	9,5	20,4	0,3	231	55	380	3,5	58	3,2	58	1,5	1,0	40	6,1	0,8
K4	6,27	0,4	15	162	235	181	3,9	13,5	0,3	381	97	509	2,6	364	17,1	221	10,2	1,6	453	13,7	0,8
K5	6,67	0,3	19	72	58	114	3,9	27,2	1,2	298	65	499	1,6	97	14,1	91	1,6	3,4	31	8,2	0,3
K6	6,42	0,5	9	160	392	431	1,4	8,6	0,2	368	102	60	2,9	355	5,8	185	2,4	2,2	314	20,7	0,4
K8	5,06	0,1	15	400	202	10	3,9	9,4	0,0	893	238	1210	4,1	1015	32,2	352	49,2	1,9	1377	182,9	6,1
K9	6,57	0,4	19	139	110	168	3,7	18,1	0,3	335	143	434	1,7	259	10,9	186	9,5	1,8	316	9,3	0,4
K10	6,43	0,1	9	28	125	140	4,3	11,1	0,2	156	41	136	3,0	24	4,6	29	0,1	1,3	7	5,9	0,2
K12	5,50	0,1	7	275	346	46	13,5	14,3	0,1	558	210	814	6,0	622	8,9	309	32,8	1,2	967	7,7	5,9
K13	5,75	0,4	22	555	676	159	8,5	43,8	0,8	1604	465	2446	6,3	1193	122,2	462	40,7	9,6	1387	68,5	3,2
K1	7,14	0,8	8	156	100	569	0,3	0,1	2,2	537	108	636	2,1	271	13,8	162	1,1	1,1	92	16,2	0,0
K2	6,74	0,3	5	89	114	259	0,6	1,8	0,5	366	69	477	0,6	85	6,1	125	0,3	1,2	34	2,9	0,0

Code locatie	pH	Alk	Turb	EGV	CO2	HCO3	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
K3	6,54	0,3	13	72	79	115	1,2	2,2	0,7	289	88	427	1,7	58	12,8	80	1,5	2,1	26	6,5	0,0
K4	6,79	0,7	6	143	170	436	1,3	13,5	0,9	374	117	457	0,9	242	16,5	181	4,5	2,5	221	17,5	0,0
K5	6,95	1,5	7	103	80	298	0,7	2,3	1,3	404	96	564	1,0	134	22,1	122	5,9	5,0	24	43,8	0,0
K6	6,74	0,8	6	143	215	484	0,7	3,2	2,1	500	148	614	0,7	229	6,5	142	1,9	2,2	89	7,6	0,0
K8	6,79	1,4	15	291	416	1062	0,7	239,0	14,7	850	299	1106	1,5	513	31,7	228	20,9	26,3	271	168,3	0,1
K9	7,16	0,6	11	143	84	500	0,9	48,4	2,9	351	181	423	1,5	223	21,1	165	10,8	7,0	195	28,8	0,0
K10	6,83	0,3	22	35	35	99	0,6	2,9	0,8	152	68	173	0,5	23	3,1	40	0,6	2,4	5	5,6	0,0
K12	6,55	0,7	8	234	386	566	0,6	22,6	4,7	637	370	880	1,8	356	19,8	228	22,2	12,0	356	10,6	0,0
K13	6,87	1,9	20	457	460	1412	0,8	437,6	38,4	1509	560	2390	2,2	671	31,2	324	17,4	77,2	182	131,9	0,1
P1	7,12	1,8	18	236	253	1390	3,3	11,3	0,2	590	243	951	2,9	610	29,5	246	5,3	2,5	43	58,1	0,2
P3	6,63	0,6	40	121	314	550	4,2	8,5	0,4	427	185	703	15,4	247	30,1	114	4,3	2,7	22	60,2	0,1
P1	7,42	1,7	6	239	144	1559	0,3	1,8	1,3	549	253	758	1,7	549	12,5	236	2,2	2,2	17	9,1	0,0
P3	6,75	0,6	21	144	162	380	0,6	2,8	1,5	407	221	585	3,3	123	20,5	86	6,3	2,7	17	11,4	0,0
H1	7,73	1,8	18	278	77	1704	14,5	4,0	0,1	561	93	283	4,5	948	3,2	194	0,5	0,5	270	9,0	0,1
H2	7,04	0,7	9	94	117	533	2,6	6,9	0,1	176	79	180	3,6	276	1,6	79	0,1	1,1	51	19,5	45,8
H4	7,33	0,9	9	101	90	799	1,6	5,7	0,1	130	80	215	2,7	332	1,2	107	0,1	1,2	39	77,0	42,6
H5	6,84	0,6	11	71	167	479	1,5	5,8	0,0	144	45	127	7,8	230	5,0	65	0,1	0,8	13	13,7	0,1
H9	6,52	0,7	10	124	355	489	1,6	7,1	0,0	315	145	166	11,1	297	8,0	113	1,6	1,2	80	23,8	0,1
H1	6,97	1,9	15	230	254	992	0,7	11,4	0,7	743	161	877	9,5	611	64,5	118	7,9	4,1	53	30,3	0,0
H2	7,48	0,6	4	53	40	494	0,5	0,0	1,2	162	50	45	0,6	139	0,3	53	0,1	0,2	18	8,4	0,0
H4	6,90	0,8	16	60	124	408	0,9	3,9	1,9	119	50	68	1,4	191	5,0	94	0,4	3,0	26	8,4	0,1
H5	9,44	0,7	6	59	0	358	0,6	1,9	1,2	132	31	61	0,7	176	2,3	66	0,2	0,6	6	17,0	0,0
H9	7,42	1,7	13	136	74	812	0,6	2,8	2,3	367	117	377	0,7	351	7,5	136	1,9	3,4	23	4,5	0,0
ZL-20	6,83	0,8	4	458	242	676	151,3	5,2	0,0	2114	145	2559	3,2	713	1,7	215	0,2	1,1	381	4,9	1,1
ZL-22	6,33	1,5	6	432	1313	1173	40,2	5,9		1148	179	1218	3,8	1082	17,8	458	5,7	1,1	967	35,7	0,2
ZL-23.1	6,52	1,9	11	415	1155	1590	185,2	25,7		940	199	1188	4,4	1307	32,8	396	6,5	2,2	679	111,3	1,0
ZL-xx	6,37	1,6	5	435	1376	1339	71,5	7,5		1079	187	1084	2,9	1123	8,6	457	2,1	0,9	960	15,8	0,1
ZL-20	6,81	1,2	10	112	308	832	0,6	213,5	10,1	283	108	156	2,7	216	19,7	49	7,0	25,1	48	38,3	0,4

Code locatie	pH	Alk	Turb	EGV	CO2	HCO3	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
ZL-22	6,43	2,0	16	313	1508	1684	0,3	11,4	1,0	1127	87	1067	2,9	622	115,4	356	12,4	12,0	101	143,2	0,0
ZL-23.1	6,91	1,4	12	163	386	1286	0,4	182,3	1,7	201	339	229	2,8	366	108,0	84	10,5	15,2	44	63,2	0,2
ZL-xx	6,31	1,8	25	400	1610	1361	1,0	39,9	0,5	1228	147	1512	2,2	845	506,2	407	25,6	3,9	444	211,8	0,1

Bijlage 20: Boorstaten

BOORSTAAT		Namen karteerders: Karel Hanhart, Laura Spa										Datum:	2-3-2021	Boring:	PB1
Gebied: Leemkuilen					Locatie: zuidzijde Heidekrijten										
Gewas, boomsrt en/of vegetatie: mos, pitrus, witbol, pijpenstrootje															
Horizont-code	Diepte in cm t.o.v. mv		Meng-verhouding	Organische stof		Textuur			Kalk-klasse	Rijpings-klasse	Diepte pH	pH Merck	Wortels	Opmerkingen	
				%	Aard veensrt.	%	%	M50							
Ah	0	10		3		20	70	60					X	Donkerbruin, matig humeus, zware zavel, uiterst fijne zandige leem (vochtig)	
Cgr	10	95				20	70	60			50	4,3		Harde bruingrijze, zware zavel, uiterst fijne zandige leem met roest	
Ch	95	110		5		20	70	60			100	4,3		Donkergrijs, matig humeus, zware zavel, uiterst fijne zandige leem (vochtig)	
Cgr	110	190				20	70	60			145	4,3		Harde bruingrijze, zware zavel, uiterst fijne zandige leem met roest	
Cgr	190	245				20	70	60			220	4,3		Stevige grijze, zware zavel, uiterst fijne zandige leem met roest (smeerbaar)	
Cr	245	430				5	25	200			320	4,3		Zwart, lichte zavel, sterk lemig, matig fijn zand	
Chr	430	440		20		10	30	200			400	5,8		Zwart, lichte zavel, sterk lemig, weinig matig fijn zand	
boormethode:				Edelman, varkensstaart, riverside edelman											
Geschatte GHG (cm -mv):				260?		Actuele grondwaterstand (cm -mv):				320?		Bodemtype:			
Geschatte GLG (cm -mv):				360?		Maaiveldhoogte (m. +NAP):						Code bodemtype:			
Geschatte fluctuatie (cm):						Actuele gws (m. +NAP)						Slootwaterstand (m. +NAP):			
Grondwatertrap:						Geschatte GHG (m. +NAP):						X:			
Maximale beworteling (cm -mv):						Geschatte GLG (m. +NAP):						Y:			



BOORSTAAT				Namen karteerders: Karel Hanhart, Laura Spa								Datum: 2-3-2021		Boring:		PB2	
Gebied: Leemkuilen				bosje ten noorden van de Haarsebaan													
Gewas, boomsrt en/of vegetatie: Eik, wilg, pitrus, braam, brandnetel, veldkers, kruipende boterbloem																	
Horizont-code	Diepte in cm t.o.v. mv		Meng-verhouding	Organische stof		Textuur			Kalk-klasse	Rijpings-klasse	Diepte pH	pH Merck	Wortels	Opmerkingen			
				%	Aard veensrt.	%	%	%									
Ah	0	3		10		10	70	60			2	4,4	X	Donkerbruin, humusrijk, lichte zavel, uiterst fijne zandige leem			
Cgr	3	82				5	15	140			35	4,6	X	Grijze, lichte zavel, sterk lemig, zeer fijn zand met roest (onderin veel wortels)			
Chr	82	110		70				140			100	4,9	X	Zwart, zeer fijn zandig, veraard veen			
Cgr	110	135					40	80						Grijs zeer sterk lemig uiterst fijn zand met roest			
Cr	135	170					40	80			160			Grijs zeer sterk lemig uiterst fijn zand (permanent gereduceerd)			
boormethode: Edelmanboor																	
Geschatte GHG (cm -mv):				25			Actuele grondwaterstand (cm -mv):				20		Bodemtype:				
Geschatte GLG (cm -mv):				120			Maaiveldhoogte (m. +NAP):				Code bodemtype:						
Geschatte fluctuatie (cm):							Actuele gws (m. +NAP)				Slootwaterstand (m. +NAP):						
Grondwatertrap:							Geschatte GHG (m. +NAP):				X:						
Maximale beworteling (cm -mv):							Geschatte GLG (m. +NAP):				Y:						



BOORSTAAT		Namen karteerders: Karel Hanhart, Laura Spa										Datum:	4-3-2021	Boring:	PB3
Gebied: Leemkuilen					Locatie: Grasland nabij poel										
Gewas, boomsrt en/of vegetatie: Pitrus, grassoorten m.n. witbol, brandnetel, mos vegetatie															
Horizont-code	Diepte in cm t.o.v. mv		Meng-verhouding	Organische stof		Textuur			Kalk-klasse	Rijpings-klasse	Diepte pH	pH Merck	Wortels	Opmerkingen	
				%	Aard veensrt.	%	%	%							
Aa	0	20		0,5		5	30	120			5	4,5	X	Grijsbruin sterk lemig, zeer fijn zand (weinig bodemvorming aanwezig)	
Cgr1	20	80					10	140			50	4,5		Bruingrijs, leemarm, zeer fijn zand met roestvlekken (droog)	
Cgr2	80	130					30	100			85	4,7		Bruingrijs, sterk lemig, uiterst fijn zand met roestvlekken (nat)	
Cgr3	130	145				5	70	60			165	4,7		Grijs uiterst fijn zandige leem met roestvlekken	
Cr	145	300					30	120			270	5,0		Bruingrijs, sterk lemig, uiterst fijn zand (onderin meer reductie kleur en meer leem)	
														Note: poel pH 5,8	
boormethode: Edelmanboor															
Geschatte GHG (cm -mv):				60			Actuele grondwaterstand (cm -mv):				Bodemtype:				
Geschatte GLG (cm -mv):				160			Maaiveldhoogte (m. +NAP):				Code bodemtype:				
Geschatte fluctuatie (cm):							Actuele gws (m. +NAP)				Slootwaterstand (m. +NAP):				
Grondwatertrap:							Geschatte GHG (m. +NAP):				X:				
Maximale beworteling (cm -mv):							Geschatte GLG (m. +NAP):				Y:				



BOORSTAAT			Namen karteerders: Karel Hanhart, Laura Spa										Datum:	4-3-2021	Boring:	PB4
Gebied: Leemkuilen			Locatie: Heidekrijten													
Gewas, boomst en/of vegetatie: Wilg, beuk, braam brandnetel																
Horizont-code	Diepte in cm t.o.v. mv		Meng-verhouding	Organische stof		Textuur			Kalk-klasse	Rijpings-klasse	Diepte pH	pH Merck	Wortels	Opmerkingen		
				%	Aard veensrt.	% <2 µm	% <50 µm	M50								
Aa	0	5		0,5			15	180			5	4,7	X	Grijsbruin, zwak lemig, matig fijn zand		
Cgr1	5	100					5	180			50	4,7/5,0		Bruingrijs, leemarm, matig fijn zand met roestvlekken (droog)		
Cgr2	100	160				5	30	100			130	4,7/5,0		Bruingrijs, sterk lemig, uiterst fijn zand meet roest (nat)		
Cr1	160	190				10	80	60			180	5,8		Blauwgrijs, uiterst fijn zandige leem		
Cr2	190	350				5	30	100			290	5,8/7,0		Grijs, sterk lemig, uiterst fijn zand (reductiekleur)		
boormethode: Edelmanboor																
Geschatte GHG (cm -mv):			120		Actuele grondwaterstand (cm -mv):						Bodemtype:					
Geschatte GLG (cm -mv):			160		Maaiveldhoogte (m. +NAP):						Code bodemtype:					
Geschatte fluctuatie (cm):					Actuele gws (m. +NAP)						Slootwaterstand (m. +NAP):					
Grondwatertrap:					Geschatte GHG (m. +NAP):						X:					
Maximale beworteling (cm -mv):					Geschatte GLG (m. +NAP):						Y:					





Eelerwoude

www.eelerwoude.nl



www.eelerwoude.nl