



Conservering en in situ-behoud van laatmiddeleeuwse huisplaatsen in De Onlanden

Resultaten en analyse monitoring 2017-2021

W.J.M. de Groot, S.P.J. van Delft, J. de Moor, E. Kars

Conservering en in situ-behoud van laatmiddeleeuwse huisplaatsen in De Onlanden

Resultaten en analyse monitoring 2017-2021

W.J.M. de Groot¹, S.P.J. van Delft¹, J. de Moor², E. Kars²

1 Wageningen Environmental Research

2 EARTH Integrated Archaeology

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en EARTH Integrated Archaeology en gefinancierd door Prolander namens de provincie Drenthe en het Waterschap Noorderzijlvest.

Wageningen Environmental Research

Wageningen, juni 2021

Gereviewd door:

Dr. ing. M. Knotters, onderzoeker, WENR

Akkoord voor publicatie:

Dr. ir. M.J.D. Hack-ten Broeke, teamleider, team Bodem Water en Landgebruik

Rapport 3087

ISSN 1566-7197

Groot, W.J.M., J. de Moor, S.P.J. van Delft en E. Kars, 2021. *Conservering en in situ-behoud van laatmiddeleeuwse huisplaatsen in De Onlanden; Resultaten en analyse monitoring 2017-2021*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3087. 86 blz.; 46 fig.; 11 tab.; 39 ref.

In monitoringfase twee zijn van tien laatmiddeleeuwse huisplaatsen de vereiste conserveringscondities beschreven voor de archeologische sporen en vondsten die er voorkomen. Continue metingen van redoxpotentiaal, grondwaterstand, bodemvochtgehalte, bodemtemperatuur en regelmatige metingen van pH, organische stof, maaiveldhoogten en grondwaterkwaliteit en opnamen van de vegetatie zijn gebruikt om een beeld te krijgen van de geleidelijk veranderende condities. De bevindingen geven aan dat de condities in de Onlanden wat betreft redoxpotentiaal behoorlijk verbeterd, maar niet stabiel zijn en dat aerobe condities vooral gedurende de zomer nog een reële bedreiging vormen voor de huisplaatsen. Afdekken met een dik folie helpt om dit te verbeteren. Maaien kan een bijdrage leveren om rietuitbreiding te voorkomen.

In monitoring phase 2, the required preservation conditions for the archaeological traces that occur are described for 10 sites of late medieval habitation. Continuous measurements of redox potential, groundwater level, soil moisture content, soil temperature and regular measurements of pH, organic matter, ground level and groundwater quality and recordings of the vegetation have been used to gain a picture of the gradually changing conditions. The findings indicate that the conditions in the Onlanden with regard to redox potential have improved considerably, but are not stable and that aerobic conditions, especially during the summer, still pose a real threat to the sites. Covering helps to improve this. Mowing can help prevent reed spreading.

Trefwoorden: laatmiddeleeuwse huisplaatsen, archeologische condities, redoxpotentiaal, grondwaterstanden, maaien, afdekken, vegetatie

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/548918> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2021 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3087 | ISSN 1566-7197
EARTH Integrated Archaeology rapporten 172 | ISSN 2211-1077

Foto omslag: Meetopstelling op een huisplaats in de Onlanden; de huisplaats tekent zich af door het verschil in vegetatie. In de verte de skyline van de stad Groningen

Inhoud

	Verantwoording	5
	Woord vooraf	7
	Samenvatting	9
1	Inleiding	11
	1.1 Inleiding en achtergrond	11
	1.2 Resultaten monitoring 2009-2014	13
	1.3 Projectdoelstelling vervolgmonitoring	14
	1.4 Wat is archeologische monitoring?	15
	1.5 Leeswijzer	16
2	Methoden en technieken	17
	2.1 Onderzoeksapparatuur/meetopstelling veld	17
	2.2 Monitoringslocaties	18
	2.3 Laboratoriumanalyses	19
	2.4 Vegetatieopnamen	19
	2.5 Dataverwerking en analyse	20
3	Conditie archeologische materialen	22
	3.1 Inleiding	22
	3.2 Potentiële bedreigingen van archeologische resten in de bodem	22
	3.3 Bodem en bodemcondities in de Onlanden	24
	3.4 Conservering van archeologische materialen en sporen	25
	3.5 Conclusie: conserveringscondities in de Onlanden – de stand van zaken	29
4	Resultaten monitoring	31
	4.1 Inleiding	31
	4.2 Grondwater- en redoxprofielen	31
	4.3 Bodemchemie/pH	41
	4.4 Bodemtemperatuur	44
	4.5 Vochtgehalte	45
	4.6 Maaiveldhoogten	46
	4.7 Vegetaties	49
5	Resultaten en discussie	57
	5.1 Afdekking van huisplaatsen	57
	5.2 Maaien	58
	5.3 Trends grondwater/redoxpotentiaal en bedreigingen van de huisplaatsen	60
6	Conclusies	64
	6.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen	64
	6.2 Beheeradvies huisplaatsen Onlanden – inpassing archeologie voor optimalisatie Onlanden	65
7	Aanbevelingen	68
	7.1 Beleid	68
	7.2 Met het oog op morgen: lessen vanuit de uitgevoerde monitoring en inspiratie vanuit het buitenland	69

Literatuur	71
Bijlage 1 Kenmerken bodem en archeologie huisplaatsen	74
Bijlage 2 Grondwaterstanden huisplaatsen 3, 19, 23, 24, 37, 77, PE 21 en PE54	78

Verantwoording

Rapport: 3087

Projectnummer: 5200043711

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: onderzoeker

naam: Dr. ing. M. Knotters

datum: 28-4-2021

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Dr. ir. M.J.D. Hack-ten Broeke

datum: 28-4-2021

Woord vooraf

Sinds 2009 is WENR betrokken bij het monitoringsonderzoek van de laatmiddeleeuwse huisplaatsen (voorheen veenterpen genaamd) in het waterbergingsgebied 'De Onlanden'. Sinds 2015 doen we het onderzoek naar deze archeologisch waardevolle bewoningsplekken samen met EARTH Integrated Archaeology uit Amersfoort. Opdrachtgever is Prolander, een uitvoeringsorganisatie van de provincies Groningen en Drenthe. In het project werken we inhoudelijk samen met de provinciaal archeologen van Drenthe en natuurbeheerders van Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten. We bedanken iedereen voor de prettige samenwerking en gaan ervoor dat de onderzoeksresultaten leiden tot een verdere verbetering van de conservering van de huisplaatsen binnen het huidige landgebruik als waterberging en natuurgebied.

Samenvatting

Het meerjarige monitoringsprogramma van de archeologisch waardevolle huisplaatsen in de Onlanden door WENR en EARTH in de jaren 2009-2014 heeft een schat aan gegevens en inzichten opgeleverd over de veranderende condities in de Onlanden en de gevolgen daarvan voor de conservering van de huisplaatsen. Omdat de monitoring op grote schaal is uitgevoerd, is tevens duidelijk geworden hoe complex het behoud in situ en de bijbehorende monitoring van de huisplaatsen is. Daarbij is geadviseerd om de monitoring voort te zetten voor vier jaar (2017-2020/21).

Continuering van het monitoringsprogramma is van groot belang om de effecten van de veranderende condities op de conservering van de huisplaatsen in kaart te brengen en om daarmee te controleren of het behoud in situ van deze archeologische monumenten naar behoren verloopt. Behoud in situ betreft immers niet alleen het behoud van archeologische objecten, maar ook het behoud van de culturele (cultuurhistorische) informatiewaarde die in de huisplaatsen ligt 'opgeslagen'.

Het doel van de continuering van de monitoring van de huisplaatsen is dan ook om meer zekerheid te verschaffen over *wat de invloeden van omgevingsveranderingen zijn als gevolg van de aanleg van het waterbergingsgebied en daarmee gepaard de landgebruiksverandering op de conservering van de archeologische resten*, die zich in de Onlanden bevinden. Tevens heeft deze monitoring als doel inzichten op te leveren die het behoud in situ van de archeologisch waardevolle huisplaatsen mogelijk nog kunnen verbeteren. Ten slotte dient de tweede fase van de monitoring inzicht te verschaffen in de werking en effectiviteit van de afdekking met een dik folie en in het maaibeheer op de conservering van de huisplaatsen.

Het onderzoek leverde inzicht in de conserveringscondities in de Onlanden en in de condities van de archeologische materialen. De aangetroffen materiaalsoorten en de daarbij waargenomen conserveringscondities vertonen een veelal zuur en vochtig karakter van de bodem, met wisselende grondwaterstanden. Dit sluit aan bij de meetresultaten van pH, grondwater en redoxpotentiaal, zoals reeds is gebleken uit de eerste monitoringsperiode.

Uit het onderzoek blijkt tevens dat de materialen die op de gemonitorde huisplaatsen zijn aangetroffen vooral uit aardewerk, metaal, steen en bouw materiaal bestaan. Daarnaast zijn hout en bot aangetroffen. De archeologische lagen bestaan voor een groot deel uit weinig materiaal, daarnaast zijn antropogene klei- en/of lemlagen aanwezig. Het zijn met name de venige archeologische lagen die kwetsbaar zijn voor oxidatie, waarmee het karakteristieke voorkomen van de huisplaatsen als iets verhoogde locaties in het landschap bedreigd wordt. Op diverse huisplaatsen zijn mollengangen aangetroffen en uit de eerste monitoringsperiode is reeds gebleken dat vegetatie, en dan met name riet, een bedreiging kan vormen.

De tweede monitoring heeft duidelijk gemaakt dat (in grote lijnen) de grondwaterstanden licht stijgen en de redoxwaarden licht dalen. Dat is een gunstige tendens voor de conservering. Daarbij is echter ook duidelijk geworden dat er aanzienlijke verschillen bestaan tussen de zomer en de winter. Voor het grootste deel van de gemonitorde huisplaatsen geldt dat gemiddelde grondwaterstanden in de zomer (GLG) tientallen centimeters lager staan dan de gemiddelde grondwaterstanden in de winter (GHG). Dit is een vrij normale gang van zaken in de grondwaterfluctuatie. Uit vooral de ondiepe (20 cm -mv) redoxwaarden komt echter een vergelijkbaar beeld naar voren, waarbij in het bovenste deel van het bodemprofiel in de zomer nog steeds aerobe (oxiderende) omstandigheden in de bodem voorkomen en in de winter anaerobe omstandigheden aanwezig zijn. Uit de diepere redoxwaarden (60 cm -mv) blijkt dat dit verschil vaker beduidend kleiner is en er veelal gedurende het gehele jaar anaerobe omstandigheden aanwezig zijn. Hier heersen jaarrond anaerobe omstandigheden.

Deze bevindingen geven aan dat condities in de Onlanden wat betreft redoxpotentiaal behoorlijk verbeteren, maar niet stabiel zijn en dat aerobe condities gedurende een deel van het jaar nog een reële bedreiging vormen voor de huisplaatsen. Zuurstofrijke omstandigheden vormen vooral een bedreiging voor archeologische lagen die rijk zijn aan organisch materiaal en voor diverse archeologische materialen, zoals houten voorwerpen, bot en metaal.

Het afdekken van huisplaatsen met afdek materiaal in de vorm van een dik folie en een afdekkende grondlaag van 50 tot 80 cm verlaagt de redoxpotentiaal, vooral ook in de zomer. Het maaiveld van niet-afgedekte huisplaatsen daalt sinds de aanleg van de waterberging steeds minder snel, tot gemiddeld slechts 3 mm per jaar in de laatste jaren. Het lijkt erop dat de veenoxidatie meer en meer stagneert. De maaiveldhoogte van de afgedekte huisplaatsen is juist veel sterker gedaald dan van de niet-afgedekte huisplaatsen. Dit komt niet door zetting van de opgebrachte massa, waardoor de huisplaats mogelijk in de veenondergrond wordt gedrukt. De daling wordt volledig veroorzaakt doordat van de afdekking na 2012 gemiddeld ruim 10 cm, ofwel zo'n 20 procent, door veenoxidatie, verdrogende vegetatie, bioturbatie en fysische oorzaken is verdwenen. Dit vormt een serieuze bedreiging voor de bescherming van deze huisplaatsen. We bevelen aan om de gebruikte afdeklaag actief tegen deze processen te beschermen.

Het onderzoek naar het effect van maaien bleek lastig af te stemmen op het beheer. Het maaien wordt maximaal een keer per jaar uitgevoerd. Daardoor is er niet regelmatig en niet altijd op de juiste plekken gemaaid. We hebben mede daardoor het effect van maaien op de redoxpotentiaal minder goed kunnen vaststellen. Maaien heeft wel een gunstig effect op de soortensamenstelling van de vegetatie. Dit geldt vooral voor de veelvoorkomende soort Grote vossenstaart en de nog wat minder voorkomende soort Riet. Vooral voor Riet is dit belangrijk, want juist deze soort levert de meeste fysieke schade op. De bedekking van rietgras lijkt zich wat minder aan te trekken van maaien. Deze soort neemt de laatste jaren ook toe.

Het vernatten is een effectieve maatregel om de beworteling van soorten met dichte wortels af te remmen. Dit geldt juist niet voor soorten met een holle wortel, zoals Riet. Daarvoor bevelen we aan om gericht te maaien.

De zuurgraad van de bodem blijkt vrij stabiel, met een pH-KCl op gemiddeld laag niveau van 3,8. De pH van de afdeklaag op afgedekte huisplaatsen is erg laag. Dat kan nadelige consequenties hebben voor de mogelijke vegetatie. De pH-buffering onder afgedekte huisplaatsen blijkt door aanrijking van carbonaten wat hoger.

Het gehalte aan organische stof van de meeste lagen in de bodems blijft ook redelijk stabiel. Op de afgedekte huisplaatsen is het gehalte hoger dan op de niet-afgedekte plaatsen. Men heeft voor de afdekking meestal gebruikgemaakt van materiaal uit de directe omgeving met een hoog organischestofgehalte. Dit blijkt nadelige consequenties te hebben voor de duurzaamheid van die laag. Het gebruik van los organisch materiaal voor afdekking is eigenlijk ongewenst. We bevelen aan om dit soort materiaal niet te gebruiken voor de afdekking.

We hebben per huisplaats beheeradviezen gegeven. Deze beheeradviezen gelden vermoedelijk ook voor de andere in de Onlanden aanwezige huisplaatsen, waarbij het te hanteren beleid qua archeologie gebaseerd moet zijn op het creëren en handhaven van zo veel mogelijk stabiele, natte en iets zure condities, aangevuld met een vegetatieontwikkeling die vooral gericht is op ondiep wortelende soorten (dus geen Riet en bomen). Adviezen richten zich op beperking van de aeratie (opdroging) in de zomer, het beschermen van de afdeklaag van afgedekte huisplaatsen tegen verdroging, het voorkomen van de vorming van bos en beperking van diep wortelende holle soorten als Riet door maaien. Lokaal maaien van huisplaatsen die begroeid zijn met diep wortelende soorten (met holle wortels), zoals Riet of Grote vossenstaart, kan uitbreiding van deze soorten en fysieke schade helpen voorkomen.

1 Inleiding

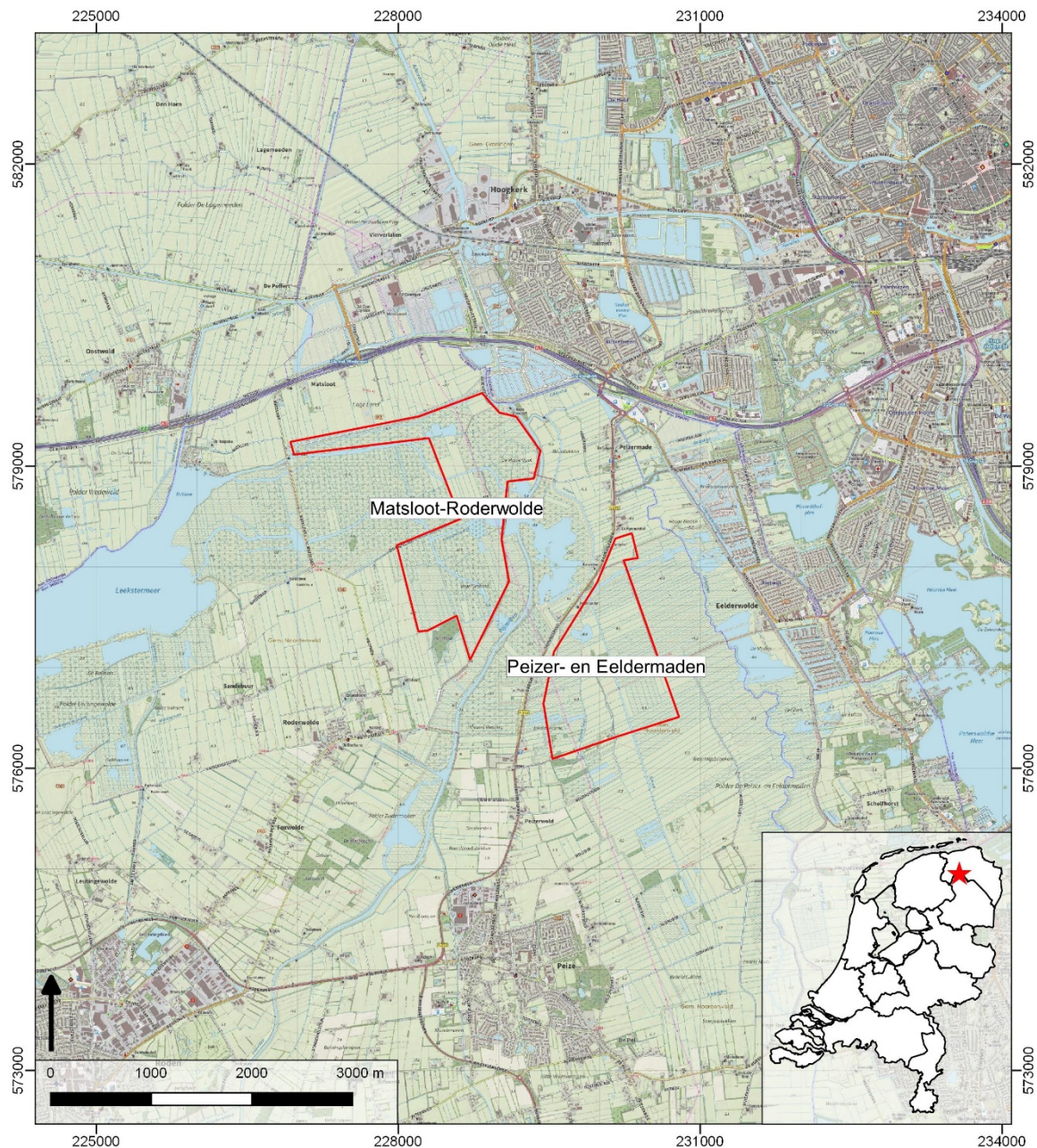
1.1 Inleiding en achtergrond

In het noorden van de provincie Drenthe ligt het uitgestrekte veenweidegebied van de voormalige polders Matsloot-Roderwolde en Peizer- en Eeldermeden, ook wel de Onlanden genoemd (zie Figuur 1). De naam Onlanden refereert aan de zeer lage en natte gronden, die ver van de bewoning af lagen. Ze waren vrijwel onbruikbaar voor agrarisch gebruik.

Dit gebied is sinds 2003 aangewezen als waterbergingsgebied, vooral vanwege de grote wateroverlast die extreme neerslag in 1998 in het noorden van Drenthe en het zuiden van Groningen veroorzaakte. Hiertoe vond op grote schaal herinrichting van het gebied plaats, vooral gericht op verbetering van de landbouwstructuur, de versnelde aanleg van natuurgebieden en het realiseren van een groot waterbergingsgebied. Dat laatste moet de kans op ongewenste overstromingen verkleinen en de veiligheid van de bewoners in de regio vergroten. Het 6000 hectare beslaande Herinrichtingsproject diende tevens te resulteren in een gebied met een natuurlijk fluctuerende grondwaterstand, veel nattere condities en een moerasbiotoop.

Deze herinrichting had echter wel gevolgen voor het archeologisch erfgoed in De Onlanden. In het gebied liggen vele tientallen, deels zichtbare laatmiddeleeuwse huisplaatsen, waarvan in de Peizer- & Eeldermeden een deel als rijksmonument is aangewezen. Daarnaast heeft het gebied vanuit de provincie Drenthe de status van bodembeschermingsgebied gekregen. Alle huisplaatsen in De Onlanden zijn benoemd als 'provinciaal belang-archeologie', hetgeen betekent dat ze in principe in situ behouden dienen te worden.

Inmiddels kent het gebied met de huisplaatsen een uitgebreide archeologische onderzoeksgeschiedenis. Een eerste systematische inventarisatie van de huisplaatsen vond plaats aan het eind van jaren zestig van de vorige eeuw. Vervolgens zijn in 1994 en 1998 twee veldkarteringen in het gebied uitgevoerd, waarbij ligging, verspreiding en conditie van de huisplaatsen centraal stonden. Daarbij werd geconstateerd dat de conditie van veel huisplaatsen zorgelijk was en dat beschermingsmaatregelen noodzakelijk waren (Mars en Van der Sanden, 2018).



Figuur 1 Ligging van de Onlanden.

Door het besluit tot herinrichting van de Onlanden werd duurzaam behoud van de veenterpen een acute realiteit. De provincie Drenthe en het projectbureau van de Dienst Landelijk Gebied (nu Prolander) zetten vervolgens een geheel nieuw traject van archeologisch onderzoek op. Hierbij is in eerste instantie een risicoanalyse gemaakt en is vervolgens in de periode 2008-2011 een serie archeologische onderzoeken uitgevoerd, bestaande uit veldinspecties, booronderzoek en gravend onderzoek (proefputjes, proefsleuven). In 2008 is eveneens een onderzoek uitgevoerd om inzicht te krijgen in de belangrijkste bedreigingen van de veenterpen en de voornaamste oorzaken voor de snel verslechterende condities van de veenterpen (Vorenhout, 2008). Uit deze zogenaamde beperkte nulmeting bleek dat verdroging en oxidatie van veen de belangrijkste oorzaken waren van de aantasting van de veenterpen en dat ook het graven van greppels en vertrapping van het maaiveld door vee aanzienlijke bedreigingen voor de veenterpen vormden (Vorenhout, 2008; Schepers, 2008).

Tegelijkertijd stelden diverse betrokkenen (waaronder ecologen, hydrologen, archeologen en ingenieurs) vast dat inzichten in de mogelijke effecten van de herinrichting van de Onlanden op het langetermijnbehoud van de huisplaatsen ontbraken. Daarom maakte vanaf 2009 ook het meten van de effecten van de herinrichting op de huisplaatsen deel uit van het archeologisch onderzoek.

Bij het verder ontwikkelen en uitvoeren van de herinrichting van de Onlanden werd het ook steeds duidelijker dat ontwikkeling en uitbreiding van rietlanden en/of boomgebieden een negatief effect zouden kunnen hebben op de veenterpen. Wortels van Riet en/of bomen zouden een directe bedreiging vormen voor de dicht onder maaiveld liggende archeologische resten, waardoor langdurig en duurzaam behoud in situ van veenterpen wellicht niet mogelijk zou zijn. Daarom is een onderzoek uitgevoerd naar mogelijke oplossingen voor actieve fysieke bescherming van veenterpen (Houthuesen, 2009). Hieruit kwam naar voren dat het afdekken van veenterpen met een dik folie en vervolgens een dik afdekkend grondpakket mogelijk een goede oplossing zou kunnen zijn. Dit is in een pilot getest (Houthuesen, 2011). De test werd als overwegend positief beoordeeld en door de bestuurscommissie is vervolgens aangegeven dat instandhouding van een deel van de veenterpen gewaarborgd zou moeten worden, deels door het afdekken van een aantal vindplaatsen, deels door het uitvoeren van actief maaibeheer. Het onderzoek van Nicolay heeft de data geleverd voor de selectie van de acht huisplaatsen die met folie zijn afgedekt. Deze terpen vormen een goede representatie van de verschillende typen en de verschillende landschappen die in het gebied voorkomen. Van de afgedekte veenterpen maakten er twee deel uit van de eerste monitoring. Houthuesen beschrijft de folie-afdekmethod (Houthuesen, 2013). Voorafgaand aan de afdekking zijn per locatie begroeiing en oneffenheden verwijderd. Vervolgens zijn zogenaamde gasdrainagematten gelegd, waarop daarna de folieafdekking met 2 mm dik HDPE-folie heeft plaatsgevonden. Op de hoogste punten zijn in de folie enkele perforaties gemaakt, zodat gas vanonder de folie kan ontsnappen. Op deze punten is een 50 cm dikke laag, grof drainagezand aangebracht. Uiteindelijk is op de folie een afdekkende grondlaag aangebracht, bestaande uit lokaal ontgraven grond.

1.2 Resultaten monitoring 2009-2014

Wageningen Environmental Research (WENR) heeft van 2009 t/m 2014 op vijftien huisplaatsen in de Onlanden de vegetatie opgenomen en de hydrologie, redoxpotentiaal en bodemvocht gemeten. De Groot et al. (2014) beschrijven de resultaten hiervan in het rapport *Monitoring Veenterpen*. Op verzoek van de provinciaal archeologen van Drenthe onderzocht en interpreteerde EARTH Integrated Archaeology in samenwerking met WENR in 2016 de resultaten van deze monitoring verder in relatie tot de archeologische waarden in het gebied. De bevindingen zijn gepubliceerd in een rapport (De Moor et al., 2017) en een artikel (De Moor et al., 2018). De vervolgmonitoring zoals die in dit onderzoek is uitgevoerd, is gebaseerd op de bevindingen uit deze publicaties.

Het meerjarige monitoringsprogramma van de archeologisch waardevolle huisplaatsen in de Onlanden door WENR en EARTH in de jaren 2009-2014 leverde een schat aan gegevens en inzichten op over de veranderende condities in de Onlanden en de gevolgen daarvan voor de conservering van de huisplaatsen. Omdat de monitoring op grote schaal is uitgevoerd, werd tevens duidelijk hoe complex het behoud in situ en de bijbehorende monitoring van de huisplaatsen is.

De eerste monitoring liet zien dat het grondwaterpeil in de Onlanden inmiddels aan het stijgen is, waardoor de archeologische lagen in de huisplaatsen in ieder geval grote delen van het jaar onder water zullen staan. Sommige delen zullen echter in de zomer nog steeds min of meer droog blijven staan. Dit kan gevolgen hebben voor de conservering van vooral de ondiepe archeologische niveaus. Dit leidt automatisch tot de vraag of alleen een verhoging van de grondwaterstand toereikend zal zijn om de huisplaatsen voor langere tijd te kunnen behouden. Hogere grondwaterstanden zorgen er in ieder geval voor dat er minder tot geen oxidatie van het onderliggende veen meer zal plaatsvinden, waardoor er geen verdere zakking van de huisplaatsen zal plaatsvinden. Dit is ook naar voren gekomen in de dalende redoxpotentialen op de meeste huisplaatsen.

Uit het onderzoek bleek ook dat bedreigingen van de huisplaatsen ook van bovenaf komen. Uit vegetatiekarteringen bleek dat op meerdere huisplaatsen diep wortelende vegetatiesoorten (met name Riet) voorkomen. Deze kunnen schade aan de archeologische resten toebrengen. Het gevaar van diep wortelende vegetatie speelt bij huisplaatsen 19 en 24 geen rol. Deze zijn afgedekt met kunststoffolie en een grondlaag, wat ervoor gezorgd heeft dat vooral boven in de huisplaats de redoxcondities positief zijn veranderd van oxiderend naar reducerend.

1.3 Projectdoelstelling vervolgmonitoring

Het eerste monitoringsonderzoek liet dus zien dat veranderende omstandigheden in de Onlanden zowel positief (stijgend grondwater en dalende redoxpotentiaal) als negatief (toename rietbegroeiing) uit hebben gepakt voor het in situ behoud van de huisplaatsen. Er is dus na de eerste fase enig inzicht in de kwaliteit en conservering van de huisplaatsen verkregen. Het is nu echter nog niet duidelijk wat de effecten van de veranderende omstandigheden op lange termijn kunnen zijn, vooral ook omdat kortetermijneffecten anders kunnen zijn dan langetermijneffecten. Vooral op het gebied van de veranderende vegetatie (doorworteling bodemlagen) kan dit het geval zijn, waarbij pas na vele jaren een milieu ontstaat met de gewenste vegetatie. Daarnaast was er na de eerste monitoring twijfel over de effecten op langere termijn door beperkte kalibratie van meetwaarden en was er nog te weinig kennis over de nauwkeurigheid van continue redoxmetingen op langere termijn. Het effect van afdekking van enkele huisplaatsen lijkt gunstig, maar is slechts voor beperkte tijd achteraf op twee locaties gemeten. De eerste monitoringsperiode gaf dan ook nog geen duidelijkheid in hoeverre het pakket opgebrachte grond de komende jaren zetting veroorzaakt en zo mogelijk ook een negatieve invloed op de conservering van de huisplaatsen en nabije omgeving van de huisplaatsen kan hebben.

Daarnaast was er slechts beperkt inzicht in het effect van maaibeheer. Ten slotte was er nog onvoldoende inzicht in de conserveringscriteria van de verschillende typen archeologische vondsten en objecten die bij archeologische onderzoeken in de huisplaatsen zijn aangetroffen en of deze conserveringscriteria overeenkomen met de huidige condities in de Onlanden.

Daarom is in de rapportage van de eerste monitoring het advies opgenomen om de monitoring voort te zetten. Dit is van groot belang om de effecten van de veranderende condities op de conservering van de huisplaatsen in kaart te brengen en om daarmee te controleren of het behoud in situ van deze archeologische monumenten naar behoren verloopt. Behoud in situ betreft immers niet alleen het behoud van archeologische objecten, maar ook het behoud van de culturele (cultuurhistorische) informatiewaarde die in de veenterpen ligt 'opgeslagen'.

Het doel van de continuering van de monitoring van de huisplaatsen is dan ook om meer zekerheid te verschaffen over *wat de invloeden van omgevingsveranderingen zijn als gevolg van de aanleg van het waterbergingsgebied en daarmee gepaard de landgebruiksverandering op de conservering van de archeologische resten*, die zich in de Onlanden bevinden. Tevens levert deze monitoring inzichten op die het behoud in situ van de archeologisch waardevolle huisplaatsen mogelijk nog kunnen verbeteren. Ten slotte dient de tweede fase van de monitoring inzicht te verschaffen in de werking en effectiviteit van de afdekking van veenterpen en in het maaibeheer op de conservering van de huisplaatsen.

De onderzoeksvragen zijn:

1. Is de redoxpotentiaal op de veenterpen blijvend laag, zodat de conservering van veenterpen wat dat criterium betreft gewaarborgd is? Welke schommelingen en verschillen zijn er nog en wat is daarvan de mogelijke oorzaak? Hoe nauwkeurig zijn de continue redoxpotentiaalmetingen?
2. Veranderen de pH, de pH-buffering en organische stofvoorraad en daarmee de kwaliteit van de conservering van de veenterpen door de herinrichting?
3. Welke invloed heeft de ingezette vegetatieverandering en daarmee gepaard de mogelijk veranderde doorworteling op de redoxpotentiaal en pH van de bodem?
4. Wat gebeurt er met de hoogte van de afgedekte veenterpen door mogelijk extra zetting?
5. Heeft de afdekking van veenterpen met afdek materiaal van dik folie en een ophooglaag van 50-80 cm grond een blijvend gunstig effect op de redoxpotentiaal? Wat is het algehele effect van de fysieke bescherming op de conservering van de veenterpen?
6. Welke rol speelt de grondwaterkwaliteit op de conservering van de veenterpen?

Deze onderzoeksvragen staan dus 'in dienst' van de centrale vraag, namelijk in hoeverre de veranderende omgevingscondities invloed hebben op de conservering van de archeologische objecten. Het is dan ook van belang om te weten welke conserveringscriteria het meest van belang zijn om aan het behoud in situ van veenterpen te voldoen.

In december 2018 heeft Waterschap Noorderzijlvest in overweging genomen om de waterberging in De Onlanden aan te passen, zodat meer water in het gebied kan worden geborgen en de wateroverlast in Groningen verder wordt verminderd. De uitvoering ervan had nog geen invloed op de vervolgmonitoring t/m 2020. Wel worden in het laatste hoofdstuk op basis van de conclusies van de vervolgmonitoring en de aangepaste inrichtingsplannen voor de Onlanden uitspraken gedaan in hoeverre deze aanpassingen gevolgen hebben voor de conservering van de huisplaatsen.

1.4 Wat is archeologische monitoring?

Het Verdrag van Valletta richt zich op de bescherming van het archeologische erfgoed. Het uitgangspunt van dit verdrag is dat archeologische resten het best bewaard blijven in de bodem (fysiek behoud/behoud in situ), deze daarmee voor toekomstige generaties toegankelijk blijven en dat bij ruimtelijke ordeningsplannen tijdig rekening gehouden dient te worden met het archeologisch erfgoed. Dit houdt tevens feitelijk in dat (beschermde) vindplaatsen actief onderhouden of onderzocht dienen te worden en niet aan hun lot overgelaten mogen worden (Martens, 2016).

Sinds het verdrag van Valletta van kracht is geworden, zijn er in de Nederlandse archeologische monumentenzorg de nodige stappen gezet. Zo is de Monumentenwet uit 2007 in 2016 overgezet naar de Erfgoedwet. Daarnaast zijn er provinciaal en ook vaak gemeentelijk stappen gezet om bij ruimtelijke planvorming rekening te houden met het behoud van archeologische waarden.

Hoewel het fysiek behoud van archeologische vindplaatsen zeer complex is, gaat hier wel de voorkeur naar uit. Op deze manier blijft namelijk niet alleen de vindplaats zelf, maar ook de context van de vindplaatsen, inclusief grondsporen, vondsten en het (paleo)landschap behouden. Een van de complicerende aspecten bij in-situbehoud betreft de degradatie van de archeologische resten. Dit kan recente degradatie zijn, maar in veel gevallen is verval al opgetreden vanaf het moment van ontstaan van de vindplaats. Om inzicht te krijgen in mogelijke degradatieprocessen bij vindplaatsen, is kennis over de laagopbouw, diepteligging en fysieke kwaliteit van een vindplaats van belang. Daarnaast is het nodig om inzicht te krijgen in processen die over langere tijd invloed kunnen hebben op de conservering en kwaliteit van archeologische resten.

Het fysiek beschermen van vindplaatsen is in de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA 4.1) vastgelegd (SIKB, 2018). Tevens zijn de richtlijnen voor het volgen van de fysieke kwaliteit van vindplaatsen beschreven in de Leidraad Standaard Archeologische Monitoring (Smit et al., 2006).

De KNA definieert het doel van fysieke bescherming van vindplaatsen als volgt: *"...het duurzaam in stand houden van archeologische waarden in situ als bron van kennis en beleving"*. De fysieke kwaliteit van een vindplaats wordt bepaald door de gaafheid en conservering van de vondsten en sporen (Smit et al., 2006). Archeologische vindplaatsen kunnen volgens een systematisch uitgevoerde waardering worden beoordeeld op fysieke kwaliteit en behoudenswaardigheid. De vraag of een vindplaats in de nabije of verre toekomst in de huidige staat en onder gelijkblijvende of veranderende condities ook daadwerkelijk behouden kan worden, kan eigenlijk alleen beantwoord worden door het uitvoeren van een nulmeting en een meerjarige monitoring. In de Leidraad Standaard Archeologische Monitoring wordt dan ook gesteld dat voor het behoud in situ van een vindplaats, het noodzakelijk is dat de fysieke kwaliteit van de vindplaats ten opzichte van aanwezige degradatieprocessen op een bepaald moment onder gecontroleerde omstandigheden wordt vastgelegd (Smit et al., 2006). Dit betreft een nulmeting en is het daadwerkelijk vastleggen van de fysieke kwaliteit van een vindplaats in relatie tot het omringende (bodem)milieu. Hierbij wordt bij voorkeur inzicht verkregen in de fysieke kwaliteit van archeologische sporen en vondsten, het conserverend vermogen van het bodemmilieu en de degradatieprocessen die een rol spelen. Daarbij is het tevens van belang om vast te stellen of de condities die bij de nulmeting zijn bepaald een transitiefase of een stabiele fase in het degradatieproces en de veranderende milieuomstandigheden representeren. Wanneer bij herhaling de fysieke kwaliteit en de mate waarin vormen van degradatie daarop van invloed zijn worden bepaald, is er sprake van archeologische monitoring. De monitoring vindt over een langere periode plaats aan de hand van verschillende parameters, uitgaande van de situatie zoals die bij de nulmeting is vastgelegd (Smit et al., 2006).

Ten slotte is het bij behoud in situ en archeologische monitoring van groot belang om keuzes te maken. De variatie aan typen sporen en vondsten is bij waardevolle vindplaatsen vaak groot en het is veelal onmogelijk om alle elementen van een vindplaats onder gecontroleerde omstandigheden te conserveren – temeer omdat verschillende materialen verschillend reageren op veranderende bodemcondities. Er dient dus een beredeneerde keuze gemaakt te worden betreffende de te conserveren sporen en/of materialen.

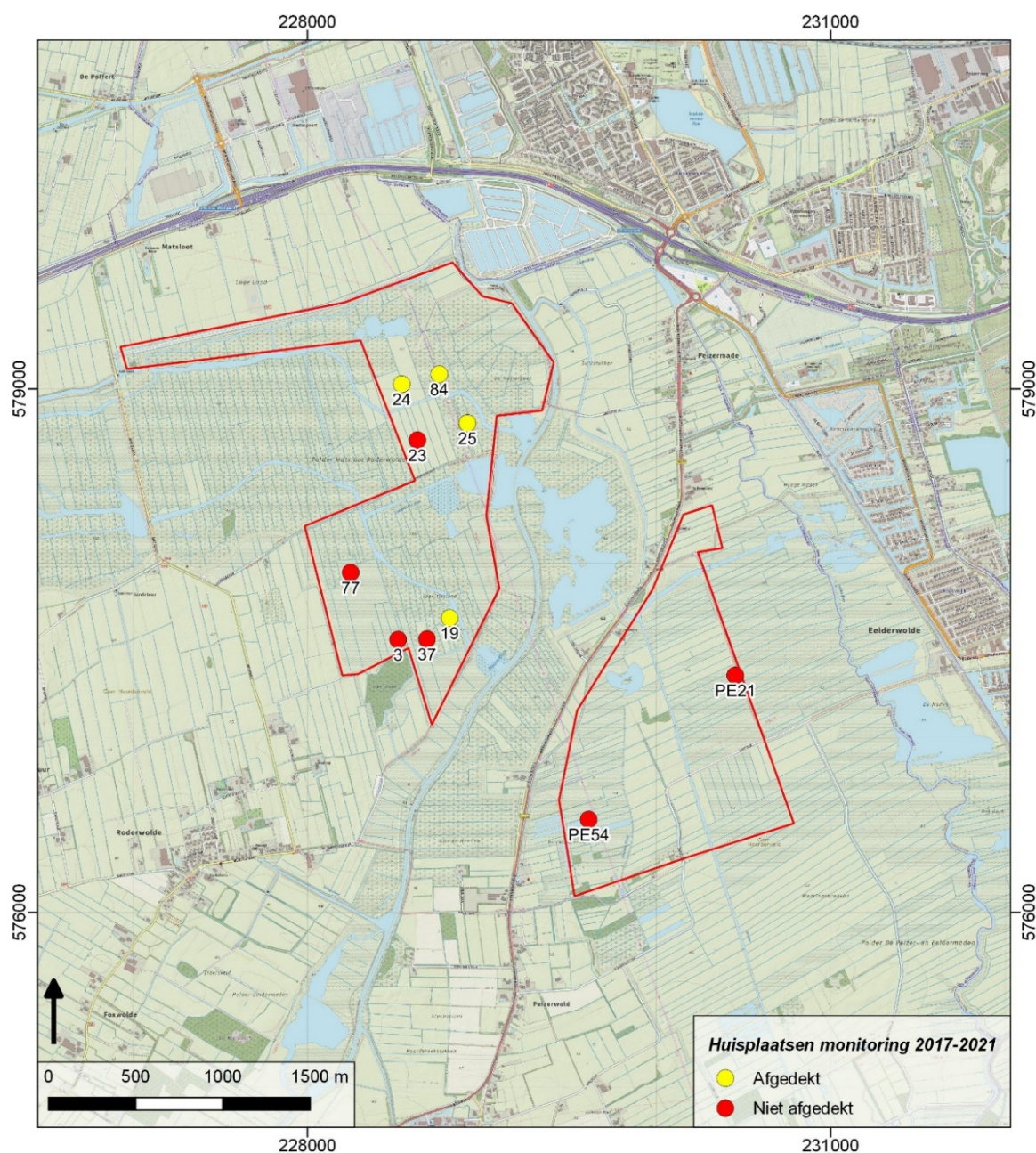
1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de toegepaste methoden en technieken besproken. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de condities van de archeologische materialen in de Onlanden. In hoofdstuk 4 komen de resultaten van de monitoring aan bod. In hoofdstuk 5 worden de onderzoeksvragen beantwoord en in hoofdstuk 6 volgen de conclusies op de onderzoeksvragen en op basis van de conserveringscondities hebben we een beheeradvies geformuleerd. Hoofdstuk 7 ten slotte bevat aanbevelingen voor de toekomst.

2 Methoden en technieken

2.1 Onderzoeksapparatuur/meetopstelling veld

In 2016 is een inspectie uitgevoerd van de geplaatste meetapparatuur. Op basis hiervan zijn sensoren en dataloggers vervangen. Vooral de redoxloggers verdienden extra aandacht. In 2017 is daarom besloten de dataloggers van MVH Consult te vervangen, evenals de kapotte redoxsensoren. De redoxdataloggers zijn geleidelijk vervangen door nieuw ontwikkelde loggers van Paleoterra. Hoewel telemetrische meetapparatuur de voorkeur had, is dat niet gelukt vanwege de slechte zendbereikbaarheid. Daarnaast zijn er op de locaties 3, 77, PE21 en PE54 extra sensoren bijgeplaatst in een gedeelte dat gemaaid wordt (zie Figuur 2).

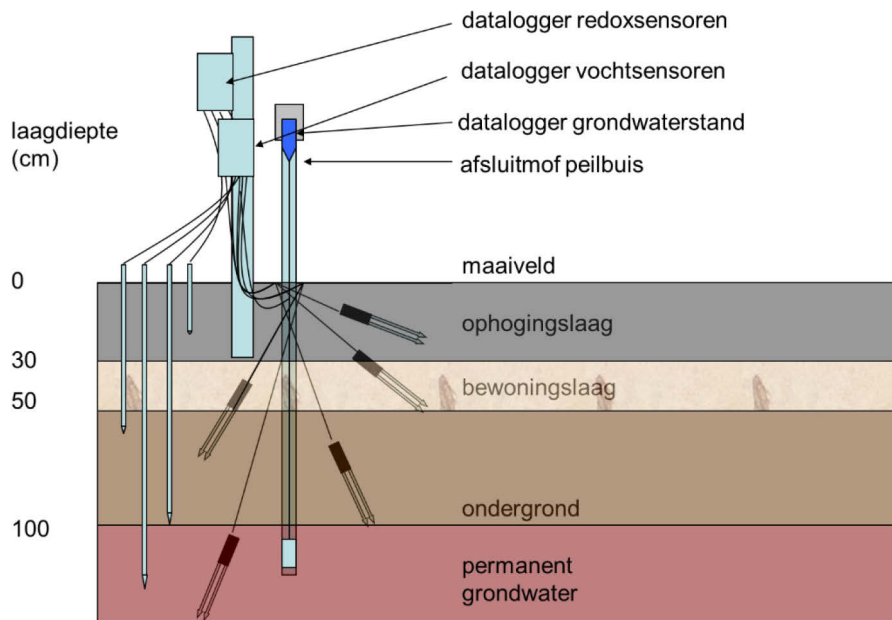


Figuur 2 Ligging van de onderzochte huisplaatsen.

Een aantal huisplaatsen is moeilijk bereikbaar geworden. Voor de meting van het vochtgehalte zijn de Decagon-dataloggers EM50 vervangen door ZL6 op de huisplaatsen 19, 37 en 24.

De meteo-dataloggers en sensoren uit de vorige monitoringsperiode zijn opgeruimd. Het onderhoud was te moeizaam. Tevens zijn er goede meteodata regionaal beschikbaar.

Figuur 3 geeft de meetopstelling op elke huisplaats schematisch weer. De redoxsensoren zijn verticaal vanaf maaiveld in de grond gestoken met een verlenging van glasfiber.



Figuur 3 Schematische weergave van de meetopstelling van elke huisplaats.

2.2 Monitoringslocaties

De invulling van het monitoringsprogramma is gebaseerd op de nulmeting van 2008 (Vorenhout, 2008) en de resultaten van de eerste monitoringsperiode (De Groot et al., 2014; De Moor et al., 2017). Ten opzichte van de eerste monitoringsronde hebben er enkele praktische en inhoudelijke wijzigingen plaatsgevonden (zie tevens Figuur 2 en Tabel 1):

- twee aanvullende, afgedekte huisplaatsen
- deels nieuwe meetapparatuur
- verandering in vegetatiekartering: deels gemaaid, deels niet gemaaid
- hoogtemetingen huisplaatsen
- geen meteorologische waarnemingen
- grondwaterbemonstering

Tabel 1 *Overzicht huisplaatsen monitoring 2017-2021.*

Nummer	X	Y	Gebied	Fase 1	Afgedekt	Vegetatie-kartering
3	228519	577564	Matsloot-Roderwolde	Ja		Ja
19	228815	577688	Matsloot-Roderwolde	Ja	Ja	
23	228630	578707	Matsloot-Roderwolde	Ja		
24	228540	579028	Matsloot-Roderwolde	Ja	Ja	
25	228917	578804	Matsloot-Roderwolde	Nee	Ja	
37	228685	577567	Matsloot-Roderwolde	Ja		
77	228247	577948	Matsloot-Roderwolde	Ja		Ja
84	228755	579085	Matsloot-Roderwolde	Nee	Ja	
PE21	230453	577359	Peizer- en Eeldermaden	Ja		Ja
PE54	229612	576533	Peizer- en Eeldermaden	Ja		Ja

Tijdens het onderzoek is extra aandacht besteed aan de monitoringsverschillen door maaien en afdekken. De afgedekte huisplaatsen 19 en 24 waren al in het onderzoek betrokken. De huisplaatsen 84 en 25 zijn eraan toegevoegd om toevallige verschillen beter te kunnen uitsluiten.

Op de huisplaatsen 3, 77, PE54 en PE21 zijn gedeelten van de huisplaatsen gemaaid en gedeelten niet. De huisplaatsen 3 en 77 zijn in beheer van Staatsbosbeheer. De huisplaatsen PE21 en PE54 zijn in beheer van Natuurmonumenten. Het niet-gemaaid gedeelte was altijd de omgeving van de oorspronkelijke meetplek. Daartoe was deze omgeving met extra lange palen afgebakend. In het naastgelegen gedeelte dat gemaaid wordt, zijn op 20 en 60 cm onder maaiveld redoxsensoren geplaatst.

2.3 Laboratoriumanalyses

In 2018 en 2020 zijn grondmonsters genomen van steeds dezelfde laagdiepten. De grondmonsters zijn onderzocht op pH, organischestofgehalte en vochtgehalte. De pH en het organischestofgehalte meten we sinds het begin van de monitoring. Op vaste dieptetrajecten in het profiel hebben we daartoe grondmonsters verzameld. Die diepten komen overeen met bodemhorizonten.

In 2020 hebben we in alle peilbuizen een watermonster van ondiep en diep grondwater genomen. Hiermee proberen we een indruk te krijgen van het bufferend vermogen van de bodem en het voorkomen van alternatieve oxidatoren voor bodemchemische afbraakprocessen onder meer gereduceerde omstandigheden.

2.4 Vegetatieopnamen

Op de huisplaatsen is de vegetatie opgenomen in 2009, 2011, 2012, 2014, 2018 en 2020. Bij de nieuw in de monitoring opgenomen huisplaatsen 25 en 84 zijn alleen in de laatste twee jaren opnamen gemaakt. Binnen de proefvlakken werd de totale bedekking van de verschillende vegetatielagen geschat als percentage van het proefvlak en die van de voorkomende plantensoorten volgens de abundantieschaal van Braun-Blanquet (Schaminée et al., 1995, zie Tabel V1). Tot en met 2014 bedroeg de oppervlakte van de proefvlakken steeds 100 m² (10m x 10m). in de laatste twee jaar is daarvan afgeweken, omdat voor het onderscheid tussen het gemaaid en niet-gemaaid deel twee opnamen nodig waren. Deze passen niet op de huisplaatsen. Daarom is ervoor gekozen te werken met proefvlakken van 25 m² (5m x 5m). De vegetatieopnamen zijn ingevoerd in Turboveg (Hennekens et al., 2001). Voor de analyse van de vegetatieontwikkeling in paragraaf 4.7 is een uitvoer uit deze database gemaakt, waarbij de bedekkingsklassen zijn omgezet in bedekkingspercentages volgens Tabel 2.

Tabel 2 Abundantieschaal van Braun-Blanquet voor het opnemen van de bedekking van plantensoorten. In de kolom Percentage is aangegeven met welk bedekkingspercentage gerekend is voor de analyse.

Code	Aantal individuen	Bedekking	Percentage
r	Zeer weinig	< 5%	1%
+	Weinig	< 5%	2%
1	Talrijk	< 5%	3%
2m	Zeer talrijk	< 5%	4%
2a	Willekeurig	5 – 12,5%	8%
2b	Willekeurig	12,5 – 25%	18%
3	Willekeurig	25 – 50%	38%
4	Willekeurig	50 – 75%	68%
5	Willekeurig	75 – 100%	88%

2.5 Dataverwerking en analyse

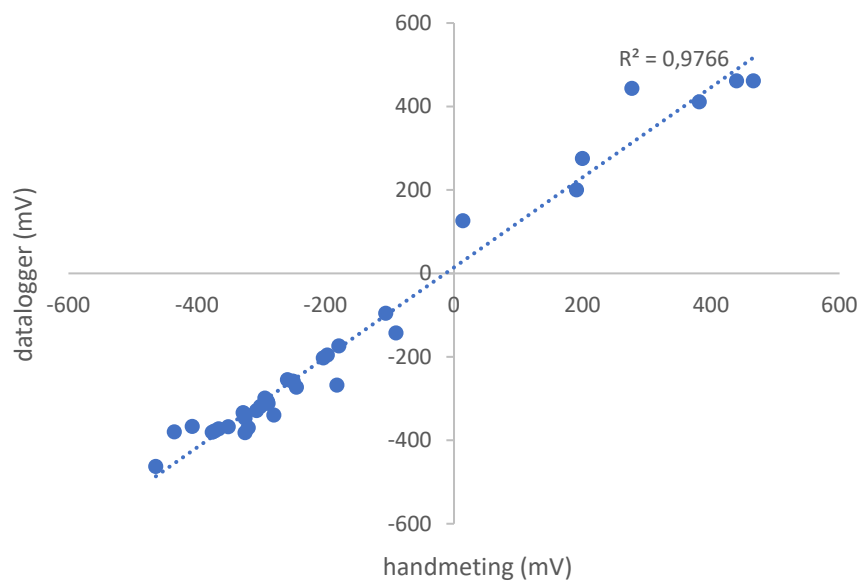
Uit de vorige monitoringsperiode bleek dat dataverwerking een zeer omvangrijke klus is door de grote datareeksen die ontstaan. Eerder is gemeten met een frequentie van één keer per uur. Dat is met de komst van nieuwe dataloggers voor de redox teruggebracht naar vier keer per etmaal.

Ook de foutenanalyse in data vergde veel tijd. Met de ontwikkeling van de package `terp` 0.3.0 in R kwam een tool voorhanden die snel dubbele data kan verwijderen, die kan attenderen op onjuiste datums en losse uitleesbestanden aan elkaar kan koppelen en wegschrijven naar Excel-databestanden, die op meerdere wijzen kunnen worden verwerkt. De datareeksen van vochtgehalte, grondwaterstanden, bodemtemperaturen en redox zijn op deze wijze verwerkt.

Bij de verwerking is daarna ook gebruikgemaakt van R om de grote gecorrigeerde datasets te comprimeren tot lijstjes met gemiddelde of extreme waarden voor zomer- en winterperiode. De lijstjes hebben we daarna in Excel met draaitabellen samengevat en in grafieken weergegeven. Die grafieken zijn in dit rapport weergegeven. Sommige tijdreeksen als van grondwater en bodemtemperatuur zijn met grafieken uit R in beeld gebracht.

Een belangrijk aandachtspunt uit de vorige monitoring was dat er zorgen bestonden over de kwaliteit van de redoxmetingen en dat kalibratie een bijdrage kan geven aan die kwaliteit.

In 2020 zijn handmetingen naast metingen met de datalogger verricht om na te gaan of en hoe metingen afwijken. De metingen zijn op alle huisplaatsen verricht en geven daarmee een goed beeld van de werking van de gebruikte sensoren en dataloggers. In Figuur 4 is de vergelijking van die metingen weergegeven. Het blijkt dat handmetingen en metingen met de datalogger opmerkelijk goed overeenkomen. Dat betekent dat de metingen met de datalogger niet hoeven te worden bijgesteld.



Figuur 4 Vergelijking van redoxmetingen met de datalogger in 2020 met metingen die met de handmeter zijn uitgevoerd.

3 Conditie archeologische materialen

3.1 Inleiding

Na de eerste monitoringsperiode van de huisplaatsen bestond nog onvoldoende inzicht in de aanwezigheid en conservering van de verschillende typen archeologische sporen en vondsten die bij archeologische onderzoeken van de huisplaatsen zijn aangetroffen.¹ De effecten van de veranderende condities op de huisplaatsen zijn dan ook pas goed te beoordelen als eerst inzicht is verkregen in de conserveringscondities van de archeologische vindplaatsen van voor de herinrichting en wat de ideale conserveringscondities voor verschillende archeologische materialen zijn.

Het archeologisch onderzoek van de huisplaatsen dat gedurende de afgelopen jaren is uitgevoerd, leverde veel inzicht op in de aanwezige vondsten (materiaalgroepen), grondsporen en archeologische lagen en de conservering hiervan. Daarnaast werd duidelijk in welke natuurlijke en antropogene lagen (bodemcondities) en op welke diepte(s) de archeologische lagen aanwezig zijn.²

In dit hoofdstuk wordt eerst een (algemeen) overzicht gegeven van potentiële bedreigingen van archeologische resten in de bodem. Vervolgens wordt ingegaan op de huidige bodemcondities en (conserverings)condities van verschillende archeologische objecten (en grondsporen) van de huisplaatsen in de Onlanden, teneinde inzicht te krijgen in de staat van de materialen op het moment dat deze uit de grond kwamen bij de uitgevoerde onderzoeken. Dit overzicht vormt daarmee feitelijk een nulmeting. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het hier geen actuele gegevens van de archeologische materialen betreffen, maar dit zijn wel gegevens van net voor de herinrichting van het gebied. Deze gegevens zijn grotendeels verkregen uit diverse hoofdstukken van de recentelijk verschenen publicatie over het archeologisch onderzoek van de huisplaatsen in de Onlanden (Nicolay (red.), 2018), waarbij vooral hoofdstuk 26 (Van Oortmerssen, 2018) veel relevante informatie bevat.

3.2 Potentiële bedreigingen van archeologische resten in de bodem

De manieren waarop archeologische materialen in de grond terecht kunnen komen, worden depositionele processen genoemd. Wanneer bijvoorbeeld een complete pot onder de staander van een huis wordt aangetroffen, wordt meestal gesproken van een bouwoffer. Men heeft dat voorwerp voor het plaatsen van de paal doelbewust in de grond gestopt. Wanneer dezelfde pot in scherven tussen skeletdelen van uitgebeend vee wordt aangetroffen in een greppel naast de huisplaats, wordt vaak gesproken over afval, materiaal dat is afgedankt en weggegooid. Beide voorwerpen zijn intentioneel gedeponeerd, maar het proces waarmee het vondstcomplex tot stand komt, is verschillend. Wanneer het materiaal eenmaal in de grond zit, treden veranderingen op. Wanneer in de eerste pot een maaltijd aanwezig is geweest, kan dit bijvoorbeeld verdwijnen door vraat, schimmels, oxidatie et cetera. We spreken dan over post-depositionele processen: processen die voor een verandering zorgen van het materiaal dat ooit door de mens in de grond is gedeponeerd. Post-depositionele processen leiden geleidelijk tot het verlies van informatie dat vanuit het materiaal verkregen kan worden. De informatiewaarde van een vindplaats wordt dan ook gedeeltelijk bepaald door de aard van deze processen en de mate waarin deze hebben plaatsgevonden.

¹ Inzicht verkrijgen in deze condities was geen onderdeel van de eerste monitoring en uitwerking van de archeologische materialen en vondsten was nog in uitvoering.

² Zie Bijlage 1 voor een overzicht van bodemopbouw en aangetroffen materialen. Voor de acht huisplaatsen in de polder Matsloot-Roderwolde is vanuit het onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen (Nicolay (red.) 2018) per huisplaats een uitgebreide beschrijving beschikbaar (gewijzigd overgenomen uit Deel III Catalogus huisplaatsen, Nicolay (red.) 2008). Voor de twee huisplaatsen in de Peizer- en Eeldermaden is dit niet het geval en is informatie uit de eerste monitoringsperiode en ouder archeologisch onderzoek gebruikt.

Een archeologische vindplaats is daarbij een complex geheel van zowel archeologische als landschappelijke informatie en kan bestaan uit de volgende onderdelen, die elk weer kwetsbaar zijn voor degradatie:

- Archeologische lagen en grondsporen binnen de vindplaats (o.a. greppels, huiswanden en -vloeren, waterputten en kuilen);
- Archeologische materialen (organisch en anorganisch: o.a. aardewerk, bot, baksteen, natuur-/vuursteen, slak, metaal, verbrande klei, dierlijke resten, hout, houtskool, verkoolde zaden, leer en textiel);
- Natuurlijke materialen met inhoud over de natuurlijke context/omgeving van de vindplaats (o.a. sedimenten, diatomeeën, pollen, botanische macroresten, microfauna);
- De nabije omgeving van de vindplaatsen (o.a. sloten, wegen en dijken).

Bovenstaande informatie kan bestaan uit de zogenaamde *macroscopic* record (materialen die met het blote oog zichtbaar zijn), zoals artefacten, vloeren, ophogingen, graven, bouw materiaal, hout etc. en uit de *microscopic* record (materialen en resten die niet met het blote oog zichtbaar zijn), die bestaat uit de materialen waarvan de macroscopische artefacten zijn gemaakt en uit de sedimentaire matrix waarin de artefacten begraven zijn. Gezamenlijk vormen ze de archeologische record (Weiner, 2010, chapter 1). Bij conservering en behoud in situ gaat het niet alleen om het zichtbare deel dat informatie bevat, maar ook om het deel waarvan de informatie pas naar voren komt na gerichte specialistische analyse. Het betreft hier dus zowel de extrinsieke als de intrinsieke informatiewaarde van de materialen. Ook dit intrinsieke deel van de archeologische record is kwetsbaar voor degradatie en om een goede beoordeling te maken van de waarde en behoudenswaardigheid van een vindplaats, dient dan ook bij voorkeur inzicht verkregen te worden in de *microscopic* record.

Wanneer over conservering en bedreiging van archeologisch erfgoed wordt gesproken, wordt vaak gedacht aan recente ingrepen, zoals ploegen en grondwaterstandverlaging, die een negatief effect hebben op de kwaliteit van het erfgoed, zoals dat al honderden tot duizenden jaren onveranderd in de grond zit. Met name grondwaterstandverlaging en daaropvolgend oxidatie van organische stof wordt gezien als zeer schadelijk voor de kwaliteit van het archeologisch erfgoed. Het verdwijnen van organische stof betekent dat organische materialen op termijn volledig verdwijnen, maar ook dat de zuurgraad van de bodem wordt verlaagd (biologische en chemische verwerking). Dit is schadelijk voor veel organische archeologische materialen zoals hout, leer, zaden, bot et cetera, maar ook voor poreuze materialen zoals aardewerk en sommige soorten natuursteen. Ontwatering kan ook leiden tot samendrukking en daarmee fragmentatie of vervorming van het vondstmateriaal (mechanische verwerking). De informatiewaarde van vindplaatsen wordt op die manier steeds kleiner.

Het zijn echter niet alleen recente ingrepen die een bedreiging kunnen vormen voor de archeologische waarden. De gedachte dat archeologische materialen en vindplaatsen al duizenden jaren onveranderd in de ondergrond zitten, is niet juist. De veranderingen die plaats hebben gevonden in het natuurlijk milieu, zoals bodemvormende processen, sedimentatie en erosie, zijn direct van invloed op de aard van de post-depositionele processen en daarmee de conservering van vindplaatsen. Verschillen in conservering worden in eerste instantie veroorzaakt door verschillen in landschappelijke en bodemkundige ontwikkeling en niet zozeer door modern ingrijpen van de mens. Wanneer wordt gekeken naar de conserveringsstatus van een vindplaats op dit moment, is deze dus afhankelijk van de lokale ontwikkelingen in het natuurlijk milieu sinds het moment van depositie, gecombineerd met de effecten van de ingrepen van de mens.

Hierbij dient tevens te worden opgemerkt dat de degradatie van de vindplaatsen dus een langlopend proces is, dat feitelijk al gestart is sinds de bewoning en activiteiten ter plekke hebben plaatsgevonden en voordat de laatste sedimentatie in het gebied heeft plaatsgevonden. Waarschijnlijk is echter dat vooral de laatste 50 tot 100 jaar een versnelling van de degradatie heeft plaatsgevonden, vooral door intensiverend en veranderend grondgebruik, grondwaterbeheersing en vegetatiebeheer.

In de bodem aanwezige archeologisch resten kunnen op diverse manieren worden bedreigd:

- Antropogene fysieke processen, zoals bouwwerkzaamheden, grondgebruik en landinrichting;
- Natuurlijke fysieke processen, zoals erosie door water en wind, sedimentologische processen, klimatologische processen, grondwaterveranderingen en vegetatie (doorworteling);

- Antropogene biologische en chemische processen, zoals bemesting, toevoegen kalk en fosfaat aan de bodem;
- Natuurlijke biologische & chemische processen, zoals werking van schimmels en bacteriën en bodemvorming (ontkalking, oxidatie, reductie, verzuring).

Van bovengenoemde onderdelen zijn sommige kwetsbaarder voor degradatie dan andere. De veranderingen die in het gebied plaatsvinden, zullen dan ook verschillende invloeden op de diverse archeologische informatiebronnen hebben. Ondanks het fysieke behoud in situ van de huisplaatsen van de Onlanden, kunnen bovenstaande factoren de conservering nog in sterke mate beïnvloeden. Voor de Onlanden lijkt een grondwaterpeilverandering de eerste factor van invloed (cf. De Beer, 2019), maar tegelijkertijd spelen er zeker meer factoren een rol, al dan niet onder invloed van peilveranderingen. Zo zal ook de natuurlijke samenstelling van de bodem onder de huisplaatsen een rol spelen (onder andere de zuurgraad van de bodem) en is ook de vegetatie in het gebied van belang.

3.3 Bodem en bodemcondities in de Onlanden³

De huisplaatsen van de Onlanden liggen in een door heidesoorten gedomineerd veenlandschap (het veen ligt op een pleistocene ondergrond van dekzand), dat ten tijde van gebruik van de huisplaatsen vermoedelijk zeer beperkt onder mariene invloed stond. Bij de veldonderzoeken is geconcludeerd dat er sprake is van vertrapt heideveen op zand (pleistoceen dekzand), daarmee was het gebied vermoedelijk goed begaanbaar. Dit type veenbodem kenmerkt zich door een (licht) zuur milieu met een zuurgraad van pH 3-5 (Van Oortmerssen, 2018).

Door ontginning van het veen ontstond oxidatie en vervolgens inklinking van het veen. Hierdoor werd het gebied kwetsbaarder voor sedimentatie vanuit zee. Mogelijk heeft dit voor enige verzilting van de bovenlaag gezorgd en kunnen er als gevolg hiervan chloriden uit zeewater in theorie (een negatieve) invloed hebben gehad op het behoud van onedele metalen als ijzer en koper. Daarmee is dit een duidelijk voorbeeld van hoe interactie van verschillende factoren/processen een rol kan spelen bij degradatie van archeologische materialen.

Uit botanisch onderzoek in de Onlanden (Schepers, 2018) bleek dat de vegetatie ten tijde van de ontginningsperiode een vochtig tot nat milieu representeert. Dit geeft aan dat de initiële conserveringscondities voor archeologische materialen als leer, hout en onedele metalen vrij goed moeten zijn geweest. Het is echter wel mogelijk dat er niet gedurende het hele jaar waterverzadigde condities heersten, waardoor pH-waarden ongunstig waren en de mogelijk aanwezigheid van chloriden de corrosie van onedele metalen zal hebben versterkt.

In 2008 zijn, voorafgaand aan de eerste monitoringsperiode, de bodemomstandigheden in de Onlanden geïnventariseerd (Vorenhout, 2008). Hieruit bleek dat in de periode vóór de archeologische onderzoeken (proefputjes en proefsleuven) de bodemcondities zuur (pH 4,5), vochtig en zuurstofrijk waren wat betreft de diepte waarin de meeste archeologische lagen en objecten zich bevinden (ca. 20-60 cm beneden maaiveld). Het gebied vertoonde toen tevens kenmerken van verdroging. Bovendien beschadigde grazend vee het oppervlak van de huisplaatsen. Dergelijke situaties zijn negatief voor behoud in situ van de huisplaatsen. Verdroging leidt tot oxidatie en inklinking van het veen, waardoor de huisplaatsen minder zichtbaar worden en de hierin aanwezige materialen en objecten versneld kunnen degraderen.

Een pH-neutrale en waterverzadigde situatie met stilstaand water biedt over het algemeen de beste uitgangspunten voor conservering van de meeste archeologische materialen. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat er feitelijk niet gesproken kan worden over de algemene ideale omstandigheden waardoor een archeologische vindplaats ontstaat en behouden blijft. Wat goed is voor het behoud van het ene type materiaal, hoeft niet goed te zijn voor een ander materiaal. Ook zal de chemische samenstelling en/of morfologische structuur van archeologische materialen verschillen van het oorspronkelijke uitgangsmateriaal. Na depositie ondergaan de materialen fysische, chemische

³ Veel informatie in dit hoofdstuk is afkomstig uit diverse hoofdstukken uit *Huisplaatsen in de Onlanden* (Nicolay, 2018 (red)).

en biologische veranderingen op moleculair, micromorfologisch en macromorfologisch niveau (Vissers et al., 2014).

3.4 Conservering van archeologische materialen en sporen

De resultaten van de uitgevoerde archeologisch onderzoeken in de Onlanden geven inzicht in de conserveringscondities in de Onlanden en in de processen die de conservering van materialen hebben beïnvloed.⁴

Tabel 3 De theoretische relatie in de Onlanden tussen bodemomstandigheden en het verval van archeologische materialen (●: waarschijnlijk goed geconserveerd, ○: waarschijnlijk aangetast/vergaan (naar Van Oortmerssen, 2018).

Metalen en hun legeringen	Goud		●
	Zilver		●
	Koper		○
	Tin		○
	Lood		○
	IJzer		○
	Zink		○
	Metaalslak		●
Silicium- houdende materialen	Keramiek	Porselein	●
		Steengoed	●
		Aardewerk (>900 °c)	●
		Aardewerk (<900 °c)	○
	Steen	Kalksteen	○
	Glas	Glas (Romeins)	●
		Glas (middeleeuws)	○
Organisch materiaal	Hoorn/gewei		○
	Bot		○
	Leer		○
	Textiel		○
	Hout		○

Op basis van de gegevens van de bodemcondities in de Onlanden maakte Van Oortmerssen (2018) een tabel van archeologische materiaalsoorten die theoretisch gezien goed dan wel slecht geconserveerd aangetroffen kunnen worden in de zure en vochtige bodem in de Onlanden (zie Tabel 3).

In de Onlanden kunnen van de *metalen* goud, zilver en metaalslakken bewaard zijn gebleven. Voor de koperlegeringen en voor ijzer geldt dit alleen voor de objecten uit waterverzadigde context. Lood en lood-tinlegeringen zullen niet bewaard blijven in zure bodemomstandigheden. Bij *siliciumhoudende* materialen blijven porselein, steengoed en het op hogere temperatuur gebakken aardewerk behouden. Het aardewerk dat op temperaturen lager dan 900°C is gebakken, zal eerder zijn aangetast of vergaan. Hetzelfde is aan te nemen voor kalksteen en middeleeuws glas. Bij *organisch* materiaal blijft uitsluitend het in waterverzadigde context gelegen leer, textiel en hout in principe bewaard. Bot, hoorn en gewei vergaan in zowel vochtige als waterverzadigde zure omstandigheden.

Hieronder wordt op basis van de uitgevoerde veldonderzoeken in de Onlanden een overzicht gegeven van de aangetroffen materialen uit met name de middeleeuwse bewoningsfasen en de conservering hiervan. Hierbij worden conform Tabel 3 drie hoofdcategorieën aangehouden (siliciumhoudende materialen/metalen/organisch materiaal), aangevuld met een categorie archeologische grondsporen.

⁴ Het betreft dan de conservering van de extrinsieke *macroscopic* record. Over de conservering van de intrinsieke *microscopic* record zijn geen gegevens bekend.

1. Siliciumhoudende materialen: aardewerk, steen en glas⁵

Aardewerk is de meest aangetroffen materiaalcategorie in de Onlanden. Het merendeel hiervan dateert uit de periode Vroege Middeleeuwen - Nieuwe Tijd. Over het algemeen is het aardewerk matig tot redelijk goed geconserveerd. Er is een sterke mate van fragmentatie en er zijn weinig complete stukken aangetroffen. Materiaal betreft vermoedelijk vooral afval en de beperkt aangetroffen complete potten zijn mogelijk een bewuste (rituele) depositie. Ongeveer een kwart van het materiaal laat sporen van verwerking zien, vermoedelijk ontstaan nadat het materiaal in de bodem is terechtgekomen en is veroorzaakt door inwerking van wortels en zuren in een sterk venige bodem. In geringe mate verweerd of onverweerd aardewerk lijkt vooral afkomstig te zijn uit materiaal dat later is opgebracht (terpaarde).

Materiaal uit de late middeleeuwen behoort grotendeels tot baksels die zijn vervaardigd bij een temperatuur lager dan 900°C, deze categorie is binnen het aardewerk het gevoeligst voor aantasting.

Het aangetroffen kogelpot-aardewerk kent een veelal sterke mate van verwerking, mogelijk veroorzaakt door lokale invloeden, maar ook secundaire verbranding speelt een rol. Fragmentatie van het materiaal valt vermoedelijk te relateren aan vertrapping. Aangetroffen steengoed is veelal sterk gefragmenteerd, evenals Werra-keramiek. Bij het aangetroffen majolica/faience valt de slechte conservering op: tin- en loodglazuur is veelal afgebladderd. Bij fragmenten van komforen valt op dat ruim de helft van de aangetroffen fragmenten sporen van secundaire verbranding vertoont. Ruim een kwart van de fragmenten heeft sporen van verwerking, ontstaan nadat het materiaal in de bodem is terechtgekomen.

Aardewerk is relatief stabiel en verweert slechts langzaam, vooral in droge milieus kan het goed bewaard blijven. Een verandering van een nat naar een droger milieu kan zorgen voor mechanische verwerking. Bij dalende grondwaterspiegels kan het materiaal in contact komt met lucht en kan er kristallisatie plaatsvinden van zouten die bij nattere condities het keramiek in opgeloste toestand binnengedrongen waren. Het materiaal kan daardoor barsten. Vooral aardewerk dat op een hoge temperatuur (> 900 oC) is gebakken, heeft een hoge duurzaamheid. Keramiek dat op lagere temperaturen is gebakken, kan in de aanwezigheid van water zacht worden. Voor conservering van aardewerk geldt dat stabiele condities de voorkeur hebben, deze condities kunnen nat dan wel droog zijn.

Natuursteen dat is aangetroffen op de huisplaatsen betreft vooral zwerfsteenmateriaal dat sterk gefragmenteerd is en deels een sterk gebleekte (verweerde) buitenzijde heeft (mogelijk gevolg van verbranding).

Op veel van de huisplaatsen is bouw materiaal (verbrande leem, baksteen, dakpan) aangetroffen. Een groot deel hiervan is echter aangetroffen in de bouwvoor of bij de aanleg van een vlak.

De aangetroffen stukken verbrande leem zijn vaak sterk gefragmenteerd en vertonen weinig indrukken die een aanwijzing zijn voor het oorspronkelijk gebruik. Ook het baksteen- en dakpanmateriaal was veelal flink gefragmenteerd.

2. Metalen (brons, koper, tin, lood, ijzer)⁶

De zure, niet volledig waterverzadigde (zuurstofrijke) veenbodem in de Onlanden heeft in principe een negatief effect op de conservering van een deel van de metalen en hun legeringen (zie Tabel 3.1). Uit de analyse van metalen uit de Onlanden blijkt inderdaad een veelal slechte conservering, vermoedelijk veroorzaakt door wisselende grondwaterstanden binnen de zone tussen 20 en 60 cm onder maaiveld. Dit is binnen de Onlanden tevens de zone waar de meeste (metaal)vondsten zijn aangetroffen.

Goud en zilver behoren zijn niet aangetroffen op de huisplaatsen. Objecten van koperlegeringen, lood, lood-tinlegeringen en ijzer zijn wel in het vondstmateriaal aanwezig. Een groot deel van ijzervondsten uit de Onlanden wordt gerekend tot de middeleeuwse bewoning. Het meeste ijzer heeft een slechte tot zeer slechte conditie. Er is weinig metallisch koper meer aanwezig. Representatief voor de Onlanden is een conditie waarbij de groene carbonatenlaag is aangetast of verdwenen. Deze staat van conservering past in een zuur en belucht bodemmilieu.⁷

⁵ Gebaseerd op informatie uit hoofdstuk 13, 14, 18 (aardewerk en glas) en 19, 21 (natuursteen en bouwmaterialen) - *Huisplaatsen in de Onlanden* (Nicolay, 2018 (red)).

⁶ Gebaseerd op informatie uit hoofdstuk 17 en 26 - *Huisplaatsen in de Onlanden* (Nicolay, 2018 (red)).

⁷ Huisman, 2009, p. 118.

3. Organische materialen

*Hout (archeologisch)*⁸

Uit het uitgevoerde houtonderzoek in de Onlanden blijkt dat hout dat vooral uit (diepe) waterverzadigde sporen komt (waterputten, sloten, waterverzadigde paalkuilen), over het algemeen een goede conservering kent. Hout uit ondiepe sporen is wel regelmatig doorgroeid met plantenwortels. Slechts een klein deel van het hout is slechter geconserveerd, sterk veraard, iets afgerond en doorworteld. Dit kan duiden op verplaatsing en het voor langere tijd onder wisselende omstandigheden aan het oppervlak hebben gelegen.

Degradatie van hout in zowel aerobe als anaerobe condities is voor het merendeel te wijten aan biologische afbraak door micro- en macro-organismen. Op microniveau zijn er twee degradatiemechanismen te onderscheiden: door schimmel en door bacteriën. Aantasting van hout door schimmels vindt plaats in de aanwezigheid van water en zuurstof en gaat vele malen sneller dan aantasting door bacteriën. Degradatie door bacteriën vindt vooral plaats onder de grondwaterspiegel in zuurstofarme omstandigheden; bij een pH onder de 6 zal afremming van afbraak door bacteriën plaatsvinden. De condities in de Onlanden waarin de meeste, goed geconserveerde houten objecten zijn aangetroffen, zijn in ieder geval waterverzadigd, zuurstofarm en relatief zuur.

Indien er sprake is van een extreem lage zuurgraad (dit kan als er sprake is van oxidatie van pyriet tot zwavelzuur), dan is dit wel een bedreiging voor de conservering van hout. De aanwezigheid van pyriet kan samenhangen met mariene sedimentatie en is voor de Onlanden dus wel iets om rekening mee te houden. Aan de ene kant is er dan sprake van gunstige conserveringsomstandigheden, maar tegelijkertijd is er een potentiële bedreiging. Vooral bij het uitvoeren van archeologische opgravingen en het verlagen van grondwaterstanden kan de oxidatie van pyriet een rol gaan spelen, aangezien er een overgang naar aerobe condities plaatsvindt.⁹

*Botanische macroresten/botanisch materiaal*¹⁰

Uit een uitgebreide analyse van macrobotanische resten van de Onlanden bleek een goede staat van het materiaal, dat vooral bestond uit verkoolde zaden en zaden uit een waterverzadigde context. Net als hout worden botanische macroresten microbiel aangetast door schimmels en bacteriën. Goed geconserveerde botanische resten worden over het algemeen gevonden in zuurstofloze (waterverzadigde) reducerende bodemomstandigheden, waarbij een pH <6 de bacteriële afbraak nog extra remt (Kars & Smit, 2003). In veel gevallen zijn de onverkoolde botanische macroresten van alle organische materiaaltypen het gevoeligst en worden vaak gebruikt als een eerste indicator van verslechterende conserveringscondities van een archeologische vindplaats.¹¹

*(Dierlijk) bot*¹²

Op de verschillende huisplaatsen zijn honderden stuks dierlijk bot aangetroffen. Veel materiaal vertoont sporen van de inwerking van vuur/verbranding en is lang niet altijd determineerbaar. Het onverbrande botmateriaal is verrassend genoeg nog matig tot redelijk geconserveerd, waar eerder een vooral slechte conservering werd verwacht vanwege de zure bodemcondities. Mogelijk heeft dit te maken met vochtige omstandigheden en de ophogingen van huisplaatsen met klei. De informatiewaarde van het botmateriaal was goed genoeg om uitspraken te doen over het gebruik van dieren bij de huisplaatsen.

Bot ondergaat altijd wel enige vorm van degradatie, maar de snelheid ervan wordt bepaald door het soort afbraakproces dat dominant plaatsvindt. De volgende degradatiemechanismen van bot zijn te onderscheiden:

- Biomoleculaire degradatie van bot door chemische afbraak van het collageen;
- Microbiële degradatie van bot (aantasting door schimmels en bacteriën);
- Minerale oplossing van bot door de oplossing van bioapatiet;¹³
- Mechanische verwerking door bijvoorbeeld verploeging.

⁸ Gebaseerd op informatie uit hoofdstuk 22 - *Huisplaatsen in de Onlanden* (Nicolay, 2018 (red)).

⁹ Huisman, 2009.

¹⁰ Gebaseerd op informatie uit hoofdstuk 23 - *Huisplaatsen in de Onlanden* (Nicolay, 2018 (red)).

¹¹ Smit et al., 2006.

¹² Gebaseerd op informatie uit hoofdstuk 25 - *Huisplaatsen in de Onlanden* (Nicolay, 2018 (red)).

¹³ Kars & Kars, 2002; Collins et al. 2002.

Botten die het best bewaard zijn gebleven, zijn over het algemeen te vinden in (initiële) milieuocondities met een neutrale tot basische pH en waterverzadigde omstandigheden. Dergelijke condities gaan oplossing van het minerale bestanddeel en microbiële aantasting door schimmels tegen.

Zoutwater kan beschermend werken, omdat dat het minerale deel van het bot door toename in de concentratie kalk chemisch kan veranderen en minder gevoelig wordt voor verwerking.¹⁴ Bij een verlagende grondwaterspiegel kan zoutwater echter voor kristallisatie zorgen, waardoor bot kan breken en scheuren; daarnaast kan pyrietoxidatie voor verzuring zorgen.

Schoenen van leer, touwachtige draden, dierlijk haar¹⁵

Deze materialen zijn in beperkte mate aangetroffen, maar wel in goede conditie. Deze goede conservering is vermoedelijk grotendeels te verklaren door de zure en permanent waterverzadigde context waarin de organische resten zijn aangetroffen. Collageen in leer kan onder vochtige bodemcondities bewaard blijven. Dierlijke haarvezels blijven bij een lang verblijf onder de grond slecht bewaard. Alleen in milieus waar de groei van micro-organismen wordt belemmerd, kunnen haren goed geconserveerd blijven, dus een zuur en waterverzadigd milieu zoals dit in diepere contexten in de Onlanden kan voorkomen.

4. Grondsporen¹⁶

Grondsporen zijn verkleuringen in de bodem die kunnen wijzen op diverse archeologische fenomenen. De informatiewaarde ervan wordt bepaald door de zichtbaarheid ten opzichte van de omringende bodems en de inhoud en samenstelling van de grondsporen. Uit de grondsporen kan het soort vindplaats afgeleid worden en kan inzicht worden verkregen in de inrichting en het gebruik van een archeologische vindplaats.¹⁷ Chemisch gezien danken de grondsporen hun kleur aan een combinatie van de aanwezigheid van organische stof, ijzer, fosfaat en mangaan.

Aangetroffen grondsporen en archeologische lagen op de huisplaatsen in de Onlanden betreffen onder andere paalkuilen (soms met paalrest), stiepen (platte keien), fundering huiswanden (leem), brandlagen, vloerresten, ophooglagen en haardplaatsen. In onder andere huisplaats 84 is een goed geconserveerde brandlaag aangetroffen, bestaande uit onder andere houtskool en verbrande leem. Huisplaats 19 bevatte een goed geconserveerde haardplaats. Op andere locaties zijn brandlagen vaak door bioturbatie of ploegen aangetast.

Naast de aanwezige grondsporen vormen de huisplaatsen zelf ook kleine verhogingen in het landschap en ook deze verhogingen zijn kwetsbaar, zeker als ze grotendeels uit veen of organische materialen bestaan. Met name oxidatie van veen kan ervoor zorgen dat het bijzondere morfologische karakter van de veenterpen verdwijnt.

De voornaamste manieren waarop grondsporen kunnen worden aangetast, zijn:

- Diverse vormen van mechanische verwerking: aanploegen en/of bioturbatie (vertrapping), compactie door ophogingspakketten, doorworteling van vegetatie.
- Diverse vormen van chemische verwerking: veelal natuurlijke bodemkundige processen, zoals interne verwerking, oxidatie, ontkalking, verbruining en uitloging van organisch materiaal. Daarnaast kan vernatting ervoor zorgen dat het geoxideerde ijzer in de omringende bodem ook gaat reduceren en blauwgrijs wordt. De oorspronkelijke blauwgrijze grondsporen zijn daardoor niet meer zichtbaar.¹⁸
- Microbiële aantasting (bacteriën en schimmels). In het geval van zuurstofarme tot zuurstofloze bodems is de kans groot dat de sporen nog bestaan uit goed afbreekbare organische materialen. Dit maakt deze sporen extra gevoelig voor verdroging en daaruit volgende microbiële aantasting. Het is van belang de grondsporen in zuurstofloze condities nat en onder de grondwaterspiegel te houden. In het geval van zuurstofrijke bodems is het erg waarschijnlijk dat het vooral de slechtere afbreekbare organische resten zijn die zijn achtergebleven. Een belangrijke bedreiging voor deze bodems is daarom juist de mechanische verwerking door aanploegen en bioturbatie.

¹⁴ Huisman, 2009.

¹⁵ Gebaseerd op informatie uit hoofdstuk 16 en 20 - *Huisplaatsen in de Onlanden* (Nicolay, 2018 (red)).

¹⁶ Naar Vissers et al., 2014.

¹⁷ Kars & Smit, 2003.

¹⁸ Huisman, 2009.

3.5 Conclusie: conserveringscondities in de Onlanden – de stand van zaken

Samenvattend bevestigen de aangetroffen materiaalsoorten en de daarbij waargenomen conserveringsconditie een veelal zuur en vochtig karakter van de bodem met wisselende grondwaterstanden. Dit sluit aan bij de meetresultaten van pH, grondwater en redoxpotentiaal, zoals reeds is gebleken uit de eerste monitoringsperiode.

De belangrijkste archeologische materialen in de Onlanden, met bijbehorende degradatieprocessen en preferente conserveringscondities, zijn samengevat in onderstaande Tabel 4.

Tabel 4 Overzicht archeologische vondsten en sporen + preferente conserveringsomstandigheden.

Archeologisch materiaal	Degradatieprocessen	Preferente conserveringscondities
Keramiek/silicium- houdende materialen	<i>Chemische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • IJzeroxidatie in onverzadigde zone • Uitloging van natrium, kalium en calcium bij lage pH <i>Fysische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Barsten door kristallisatie van zouten • Barsten door vries-/dooicycli 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabiele condities: droog of nat. • Stabiele pH
Metalen	Oxidatie	Onder grondwaterspiegel: zuurstofarm
Organisch materiaal: botanische resten	<i>Biologische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Afbraak door schimmels en bacteriën 	<ul style="list-style-type: none"> • Onder grondwaterspiegel: zuurstofarm, • Geen extreem zure condities (voorkom pyriet degradatie) • Afwezigheid van nutriënten
Organisch materiaal: bot	<i>Biologische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Microbiële degradatie door schimmels en bacteriën <i>Chemische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Biomoleculaire degradatie door chemische afbraak van collageen • Minerale oplossing (van bioapatiet) • Oxidatie van pyriet tot zwavelzuur 	<ul style="list-style-type: none"> • Onder grondwaterspiegel (zuurstofarme omstandigheden) • Neutrale tot basische pH • Lage permeabiliteit van de bodem • Hoog gehalte organische stof • Redelijk hoge Ca-concentratie, minder gevoelig voor verwerking
Organisch materiaal: hout	<i>Biologische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Biologische afbraak door schimmels en bacteriën <i>Chemische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Oxidatie van pyriet (in hout) tot zwavelzuur bij lage pH 	<ul style="list-style-type: none"> • Onder grondwaterspiegel: zuurstofarm milieu, water geeft stevigheid aan hout • Geen extreem zure condities (voorkom pyriet degradatie)
Grondsporen	<i>Biologische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Microbiële aantasting <i>Chemische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Oplossing • Oxidatie <i>Fysische afbraak</i> <ul style="list-style-type: none"> • Aanploegen • Bioturbatie (doorworteling) 	<ul style="list-style-type: none"> • Onder grondwaterspiegel (anoxische omstandigheden) • Lage pH: vertraagt degradatie van organische stof • Geen zware machines • Vegetatie met beperkte worteldiepte

In Tabel 5 is een overzicht gegeven met de archeologische karakteristieken (lagen en materialen) en condities per gemonitorde huisplaats. Hieruit blijkt dat de materialen die op de gemonitorde huisplaatsen zijn aangetroffen vooral uit aardewerk, metaal, steen en bouw materiaal bestaan. Daarnaast is hout en bot aangetroffen. De archeologische lagen bestaan voor een groot deel uit weinig materiaal, daarnaast zijn antropogene klei- en/of leemlagen aanwezig. Het zijn met name de enige archeologische lagen die kwetsbaar zijn voor oxidatie, waarmee het karakteristieke voorkomen van de huisplaatsen als iets verhoogde locaties in het landschap bedreigd wordt.

Op diverse huisplaatsen zijn mollengangen aangetroffen en uit de eerste monitoringsperiode is reeds gebleken dat vegetatie en dan met name Riet een bedreiging kan vormen.

Tabel 5 Overzicht archeologische karakteristieken en condities per gemonitorde huisplaats.

Huisplaats	Archeologie		Condities	
	Materialen	Sporen / lagen	Geconstateerd	Gewenst
3	Aardewerk, metaal, metaalslak, steen en bouwmetaal	<ul style="list-style-type: none"> - Betredingshorizont (kleig veen) + ophogingslagen (kleig veen) - Dikte 35 cm, 0,25-0,6 m - MV 	<ul style="list-style-type: none"> - Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd - Slechte conservering metaal - Huisplaats sterk aangetast door mollengangen 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
19 (afgedekt)	Aardewerk, bot, steen, bouwmetaal, haardresten	<ul style="list-style-type: none"> - Betredingshorizont (veen), ophogingslagen (veen), brandlaag, vloer- en woonniveaus (vooral klei) - Dikte 80 cm, onder ophoging 	<ul style="list-style-type: none"> - Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd - Conservering bot is matig tot redelijk - Enige aantasting door mollengangen - Afdekking vertoont scheuren 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
23	Aardewerk, metaal en slak	<ul style="list-style-type: none"> - Betredingshorizont (kleig veen) en vloerniveau (leemplaggen) - Dikte 8 cm, 0,2-0,3 m - MV 	<ul style="list-style-type: none"> - Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd - Slechte conservering metaal - Archeologisch pakket dun 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
24 (afgedekt)	Aardewerk, hout en bouwmetaal	<ul style="list-style-type: none"> - Meerdere ophogingslagen (klei en veen) - Dikte 100 cm, onder ophoging 	<ul style="list-style-type: none"> - Hout over het algemeen goed geconserveerd - Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
25 (afgedekt)	Aardewerk, slak, steen, bouwmetaal	<ul style="list-style-type: none"> - Betredingshorizont (veen), vloerniveau (klei/leem), 2 woonniveau en ophogingslaag (klei/leem) - Dikte 18 cm onder ophoging 	<ul style="list-style-type: none"> - Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd - Slak kan in alle bodemcondities verwacht worden 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
37	Aardewerk, bot, steen	<ul style="list-style-type: none"> - Betredingshorizont (veen) met ophogingslaag (klei) en vloerniveau (keileem) - Dikte 17 cm, 0,2 - 0,35 m - MV 	<ul style="list-style-type: none"> - Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd - Conservering bot is matig tot redelijk 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
77	Aardewerk, bot, slak, steen, bouwmetaal	<ul style="list-style-type: none"> - Dik pakket ophogingslagen (veelal kleig veen) - Dikte 100 cm, 0,2 - 1,2 m - MV 	<ul style="list-style-type: none"> - Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd - Conservering bot is matig tot redelijk 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
84 (afgedekt)	Aardewerk en bouwmetaal, haardplaats	<ul style="list-style-type: none"> - Betredingshorizont en 2 vloerniveaus - Dikte 11 cm, Onder ophoging 	<ul style="list-style-type: none"> - Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
PE21	Onbekend	- Dikte 80 cm, 0,15 - 1 m - MV	- Geen vondstmateriaal bekend	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie
PE54	Aardewerk	- Betredingsniveau (veen) en archeologisch pakket van 40 cm dikte, 0,1 - 0,5 m - MV	- Aardewerk matig tot redelijk geconserveerd	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent onder grondwater - Lage pH, niet extreem zuur - Geen riet of diepwortelende vegetatie

4 Resultaten monitoring

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de diverse gemeten parameters. Daarbij is ervoor gekozen om de verkregen meetwaarden voor grondwater en redoxpotentiaal weer te geven ten opzichte van de bodemopbouw voor een groot deel van de gemonitorde huisplaatsen. Deze resultaten worden in paragraaf 4.2 weergegeven. Bijlage 1 bevat een korte beschrijving van elke huisplaats. Bijlage 2 geeft de ruwe grondwatermeetreeksen voor acht huisplaatsen weer.

4.2 Grondwater- en redoxprofielen

Voor een groot deel van de onderzochte huisplaatsen is een schematische dwarsdoorsnede van de bodemkundig/archeologische profielopbouw (gebaseerd op 1 meter brede profielkuilen) samengebracht met meetgegevens van grondwater en redoxpotentiaal. Hierdoor wordt de onderlinge samenhang beter herkend. Op een vergelijkbare manier is in paragraaf 4.7 de ontwikkeling van de beworteling uitgezet, waarbij ook de grondwaterstanden zijn meegenomen. Deze figuren kunnen dus gezamenlijk geïnterpreteerd worden.

Voor het grondwaterniveau en de redoxmetingen is het voortschrijdend gemiddelde in maximaal acht jaar van de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste waarden in zomer en winterperiode berekend. Voor het grondwaterniveau zijn dat gebruikelijke kengetallen genaamd GHG (gemiddelde hoogste grondwaterstand) en GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand). De zomerperiode loopt van 1 april tot 1 oktober. De winter vormt de periode tussen 1 oktober en 1 april. De drie hoogste (winter) of laagste (zomer) waarden uit die periode op de 14^e en 28^e van elke maand zijn daartoe gemiddeld. Die dagen hangen samen met de manier waarop in het verleden met de hand peilbuizen werden opgemeten. De GHG en GLG gelden eigenlijk voor een langere periode van acht jaar. Dat betekent dat in de meeste gevallen die waarden pas vanaf 2017 konden worden berekend. Daarvóór zijn de perioden eigenlijk te kort voor de officiële berekening. Het voortschrijdend gemiddelde van maximaal acht jaar vormt wel een stabiele waarde die goed gebruikt kan worden om een inschatting te maken van een trend. De uitschieters zijn eruit gefilterd. De jaarlijkse seizoenfluctuatie wordt met de gemiddeld hoogste en laagste waarden voor zomer- en winterhalfjaar goed weergegeven.

Deze methodiek is ook gebruikt voor de redoxmetingen. Daartoe zijn uit zes-uurlijkse waarnemingen voor de winterperiode de drie laagste waarden genomen en voor de zomerperiode de drie hoogste waarden. Het voortschrijdend gemiddelde van maximaal acht jaar hebben we ook hier gebruikt om een trend in beeld te brengen. De redoxmetingen reageren namelijk precies andersom als gevolg van de relatieve aeratie door respectievelijk hogere en lagere grondwaterstanden. Door het zo uit te rekenen, is ook voor de redoxpotentiaal een goed beeld van de seizoenfluctuaties verkregen. Voor de berekeningen zijn de redoxmetingen van 20 en 60 cm onder maaiveld gebruikt. In die zone komen de meeste archeologische materialen en lagen voor.

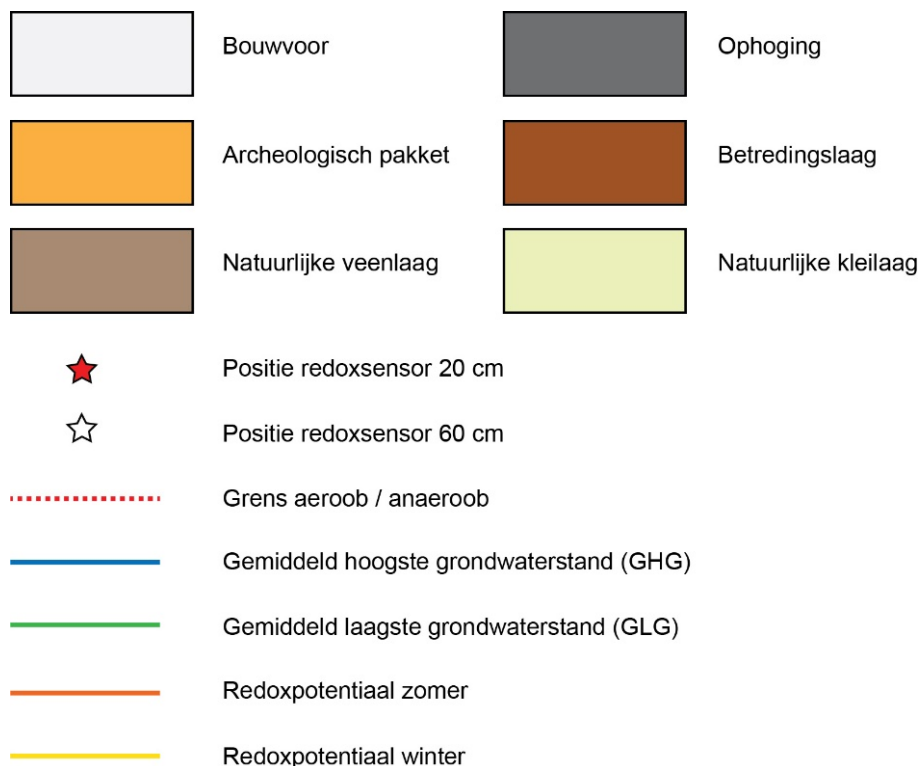
Eh is de redoxpotentiaal bij 20°C en bij gebruik van de standaard waterstof-electrode. De redoxmetingen (Em) in dit onderzoek zijn verricht met een platina-electrode en een referentie-electrode gevuld met 3 M KCl). De weergegeven waarden van de redoxmetingen zijn **niet** gecorrigeerd van Em (meting) naar Eh. Het verschil bedraagt bij 20°C 213 mV ($Eh = Em + 213 \text{ mV}$).

In een tabel waarin de omslag van meer zuurstofrijk naar zuurstofarm (aeroob/anaeroob) wordt weergegeven (Smit, 2006), is een Eh van 250mV de grens. Die grens is ook in de rapportage van 2017 aangehouden bij de tijdreeksanalyses (De Moor et al., 2017). Netto betekent dit dat in de

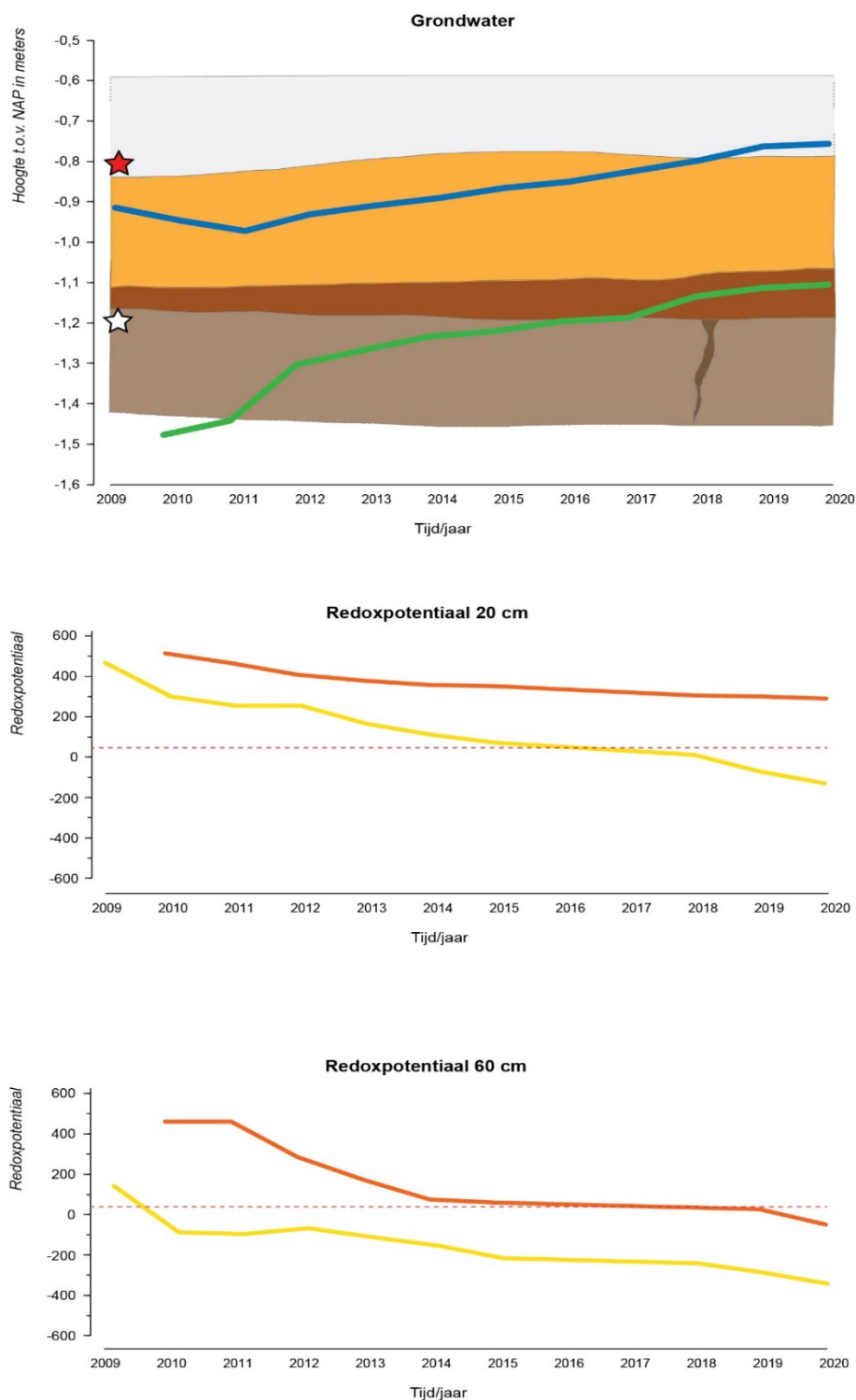
weergegeven grafieken de grens van aeroob/anaeroob bij $E_m = (250-217) + 37 \text{ mV}$ ligt. We zijn ervan uitgegaan dat de temperatuurverschillen in de bodem een gering effect hebben op de redoxpotentiaal.

In de figuren 6 t/m 13 zijn per huisplaats de dwarsprofielen gecombineerd met de GHG en GLG en de voortschrijdende gemiddelden van de redoxmetingen in zomer en winter. Figuur 5 geeft de bijbehorende algemene legenda voor alle profielen weer.

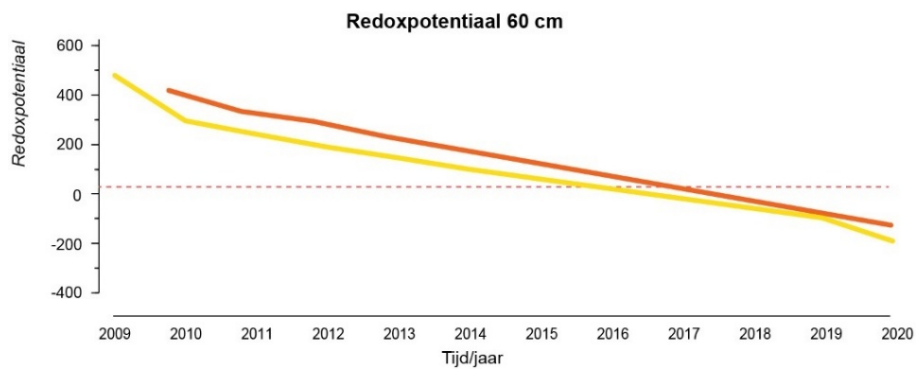
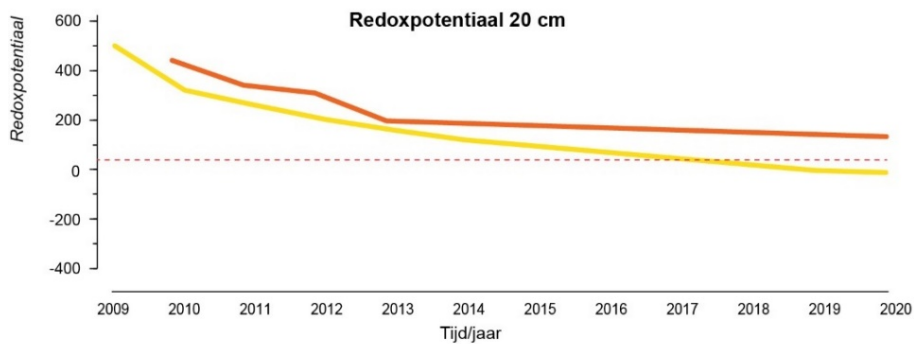
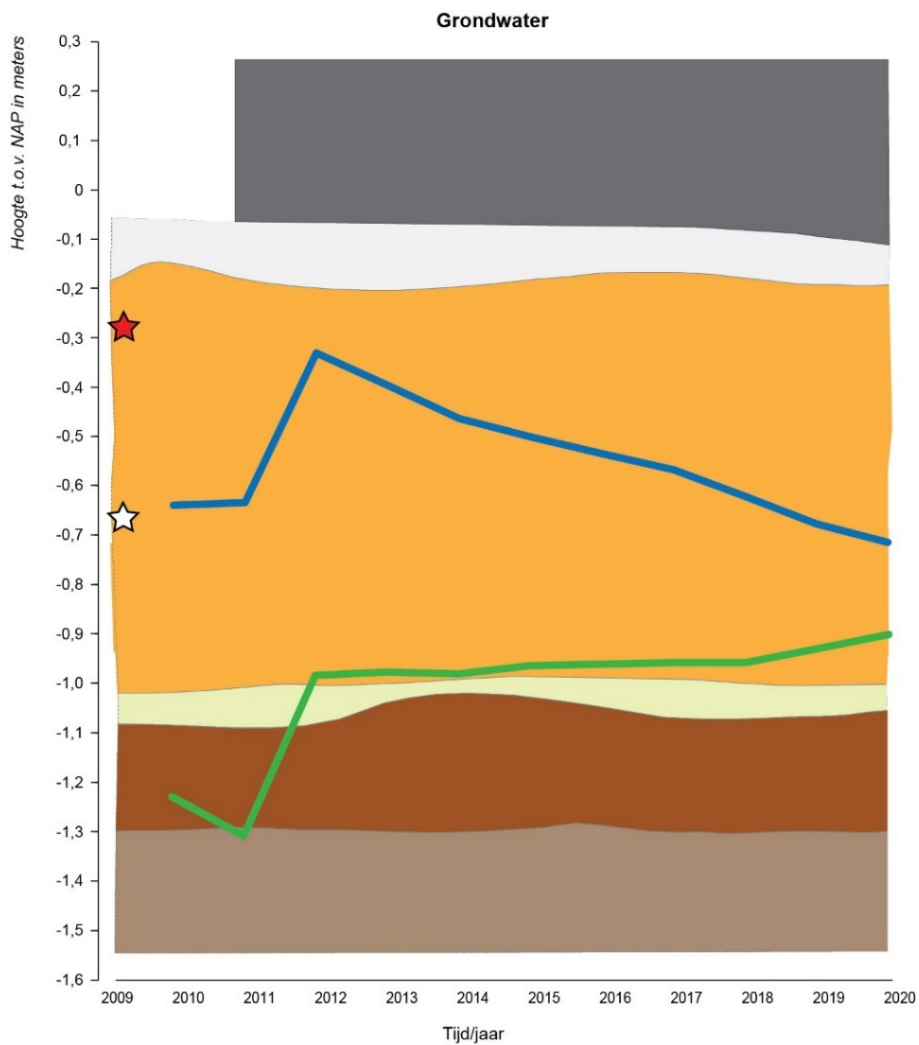
Ten slotte geeft Tabel 6 de voornaamste bevindingen uit deze grondwater- en redoxprofielen weer.



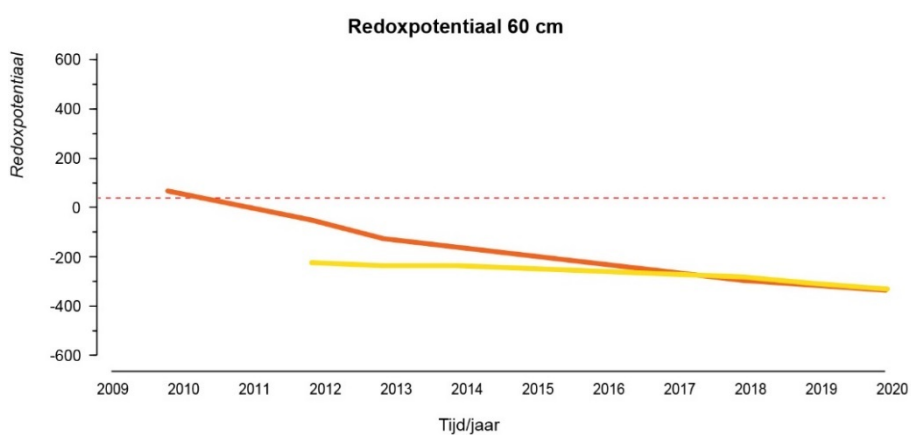
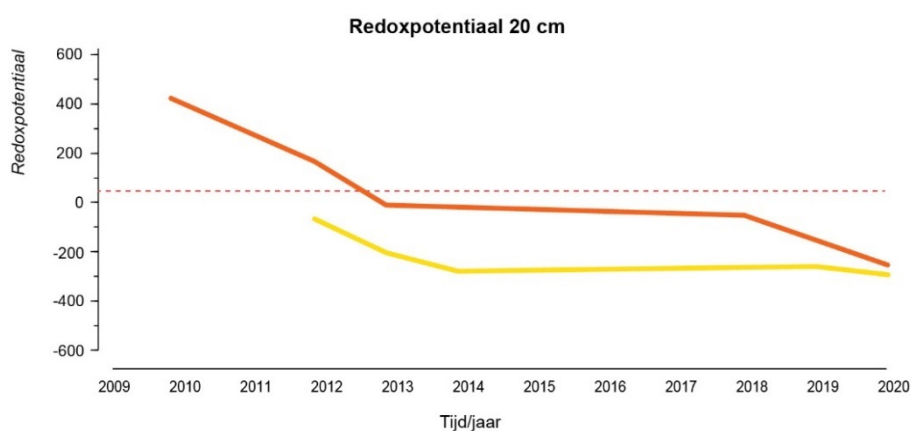
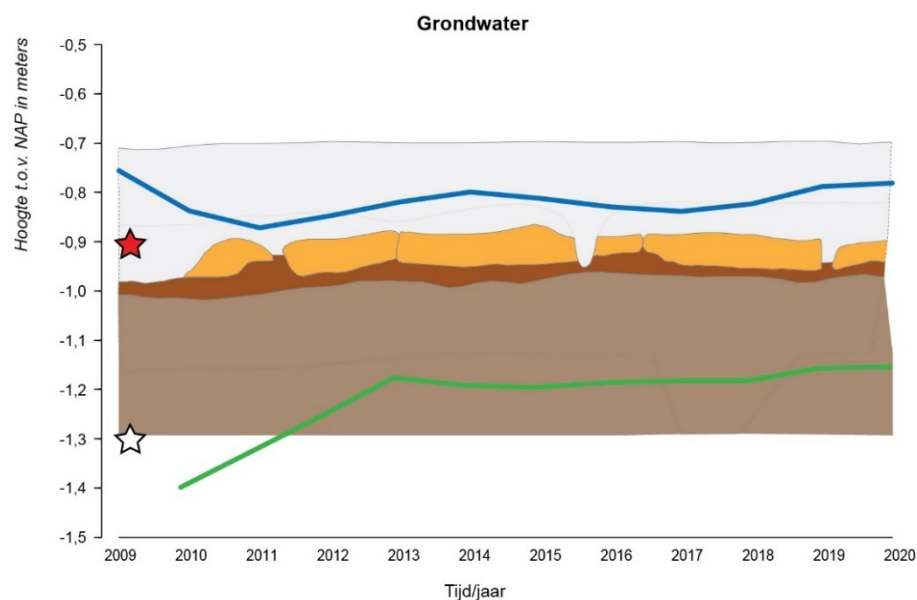
Figuur 5 *Legenda bij de dwarsprofielen van de huisplaatsen.*



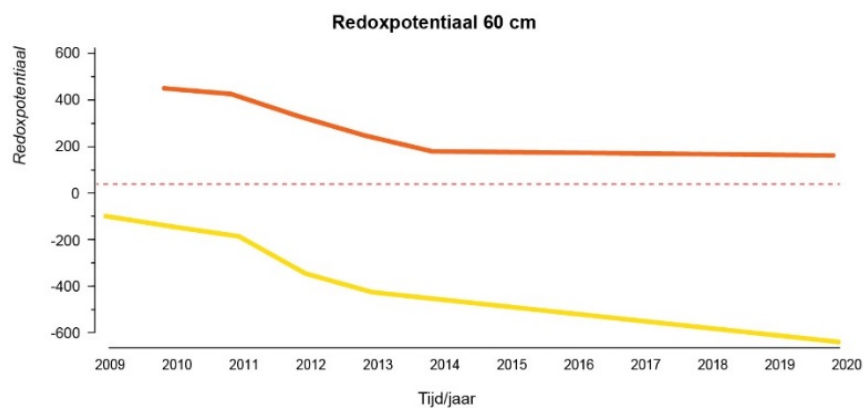
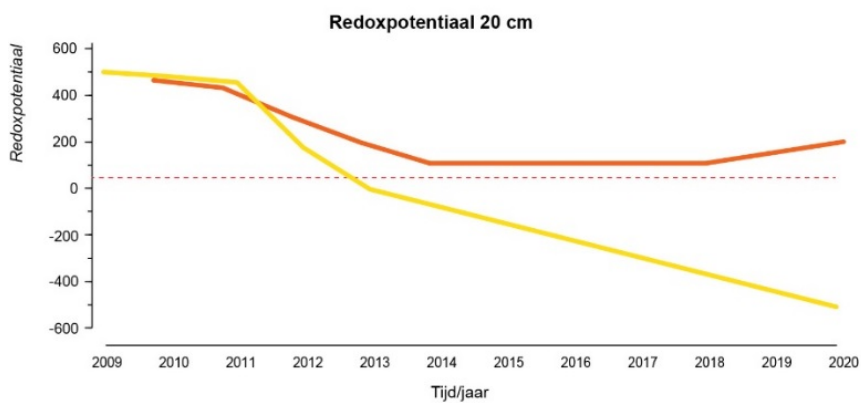
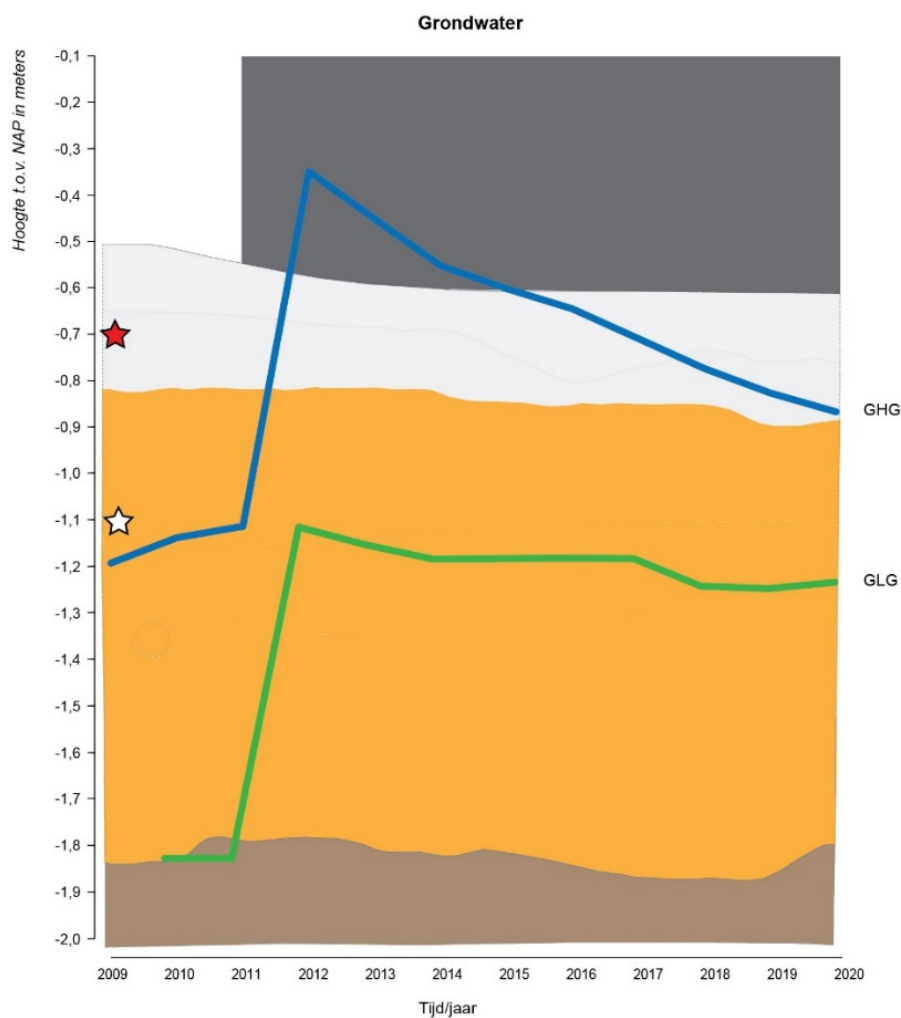
Figuur 6 Dwarsdoorsnede van huisplaats 3 met de trend van de GHG en GLG en de redox op 20 en 60 cm voor zomer- en winterperiode.



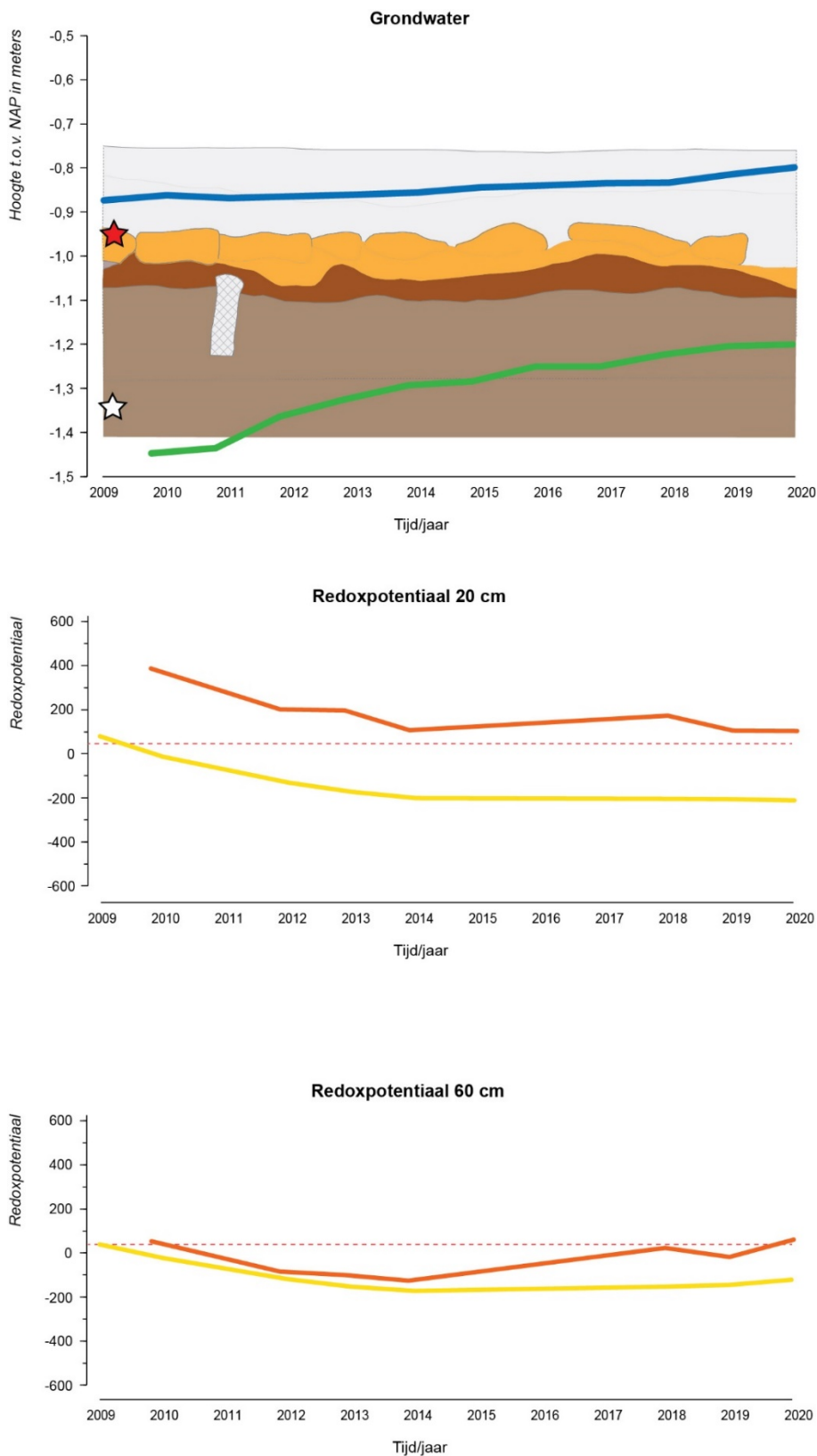
Figuur 7 Dwarsdoorsnede van huisplaats 19 met de trend van de GHG en GLG en de redox op 20 en 60 cm voor zomer- en winterperiode.



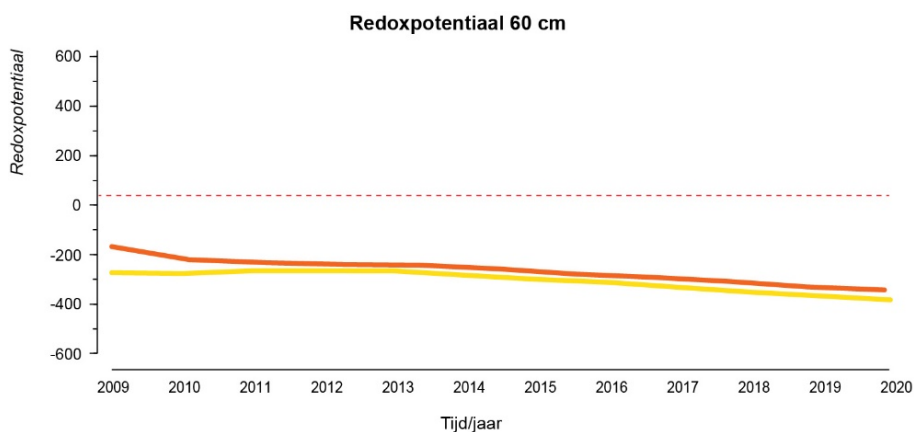
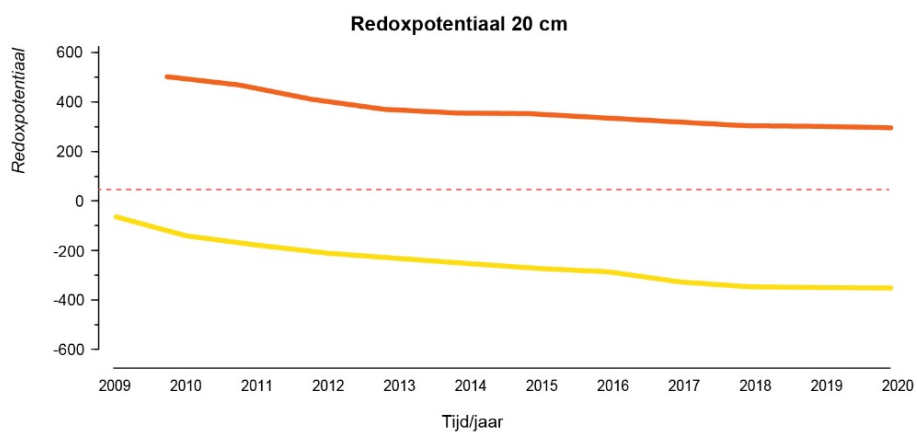
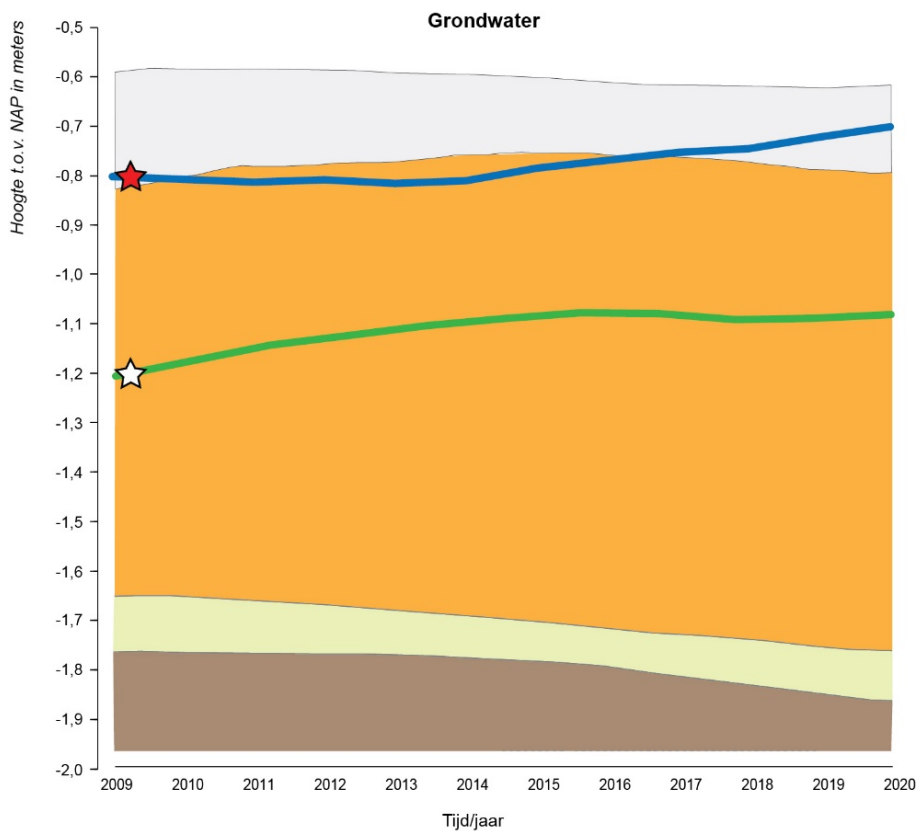
Figuur 8 Dwarsdoorsnede van huisplaats 23 met de trend van de GHG en GLG en de redox op 20 en 60 cm voor zomer- en winterperiode.



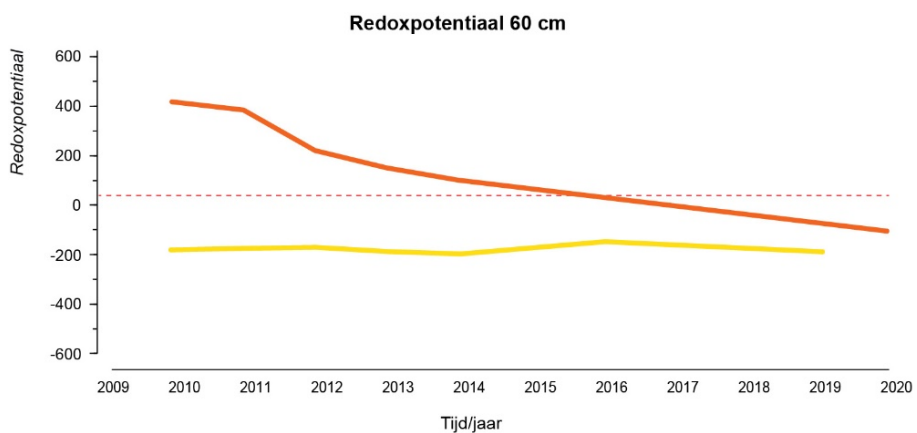
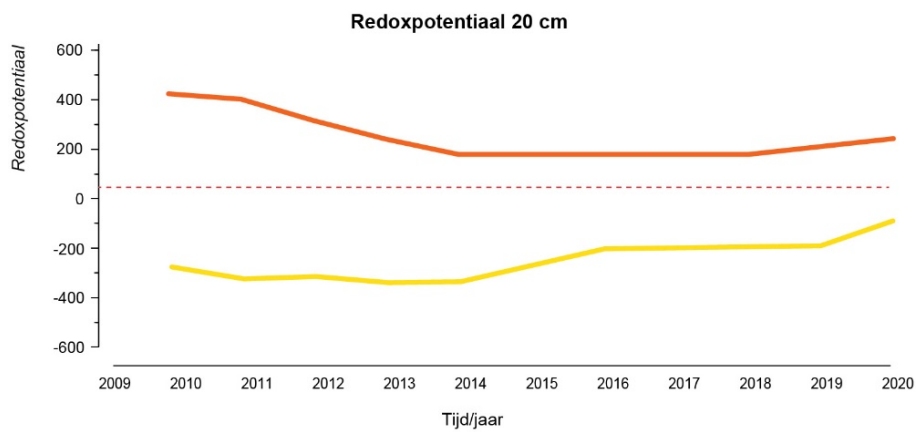
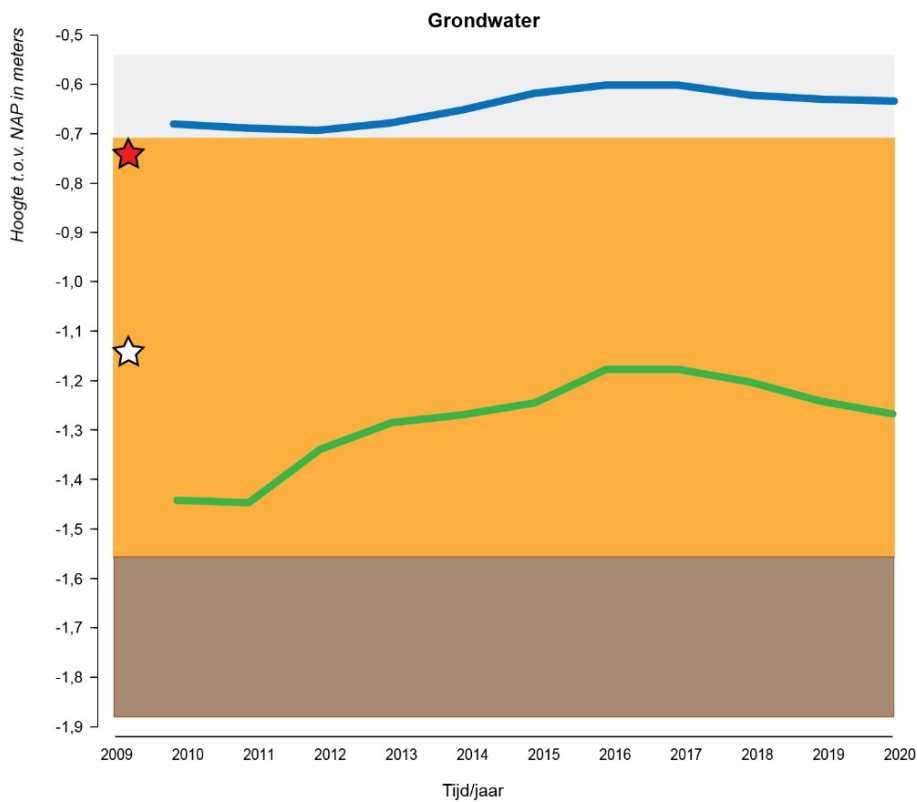
Figuur 9 Dwarsdoorsnede van huisplaats 24 met de trend van de GHG en GLG en de redox op 20 en 60 cm voor zomer- en winterperiode.



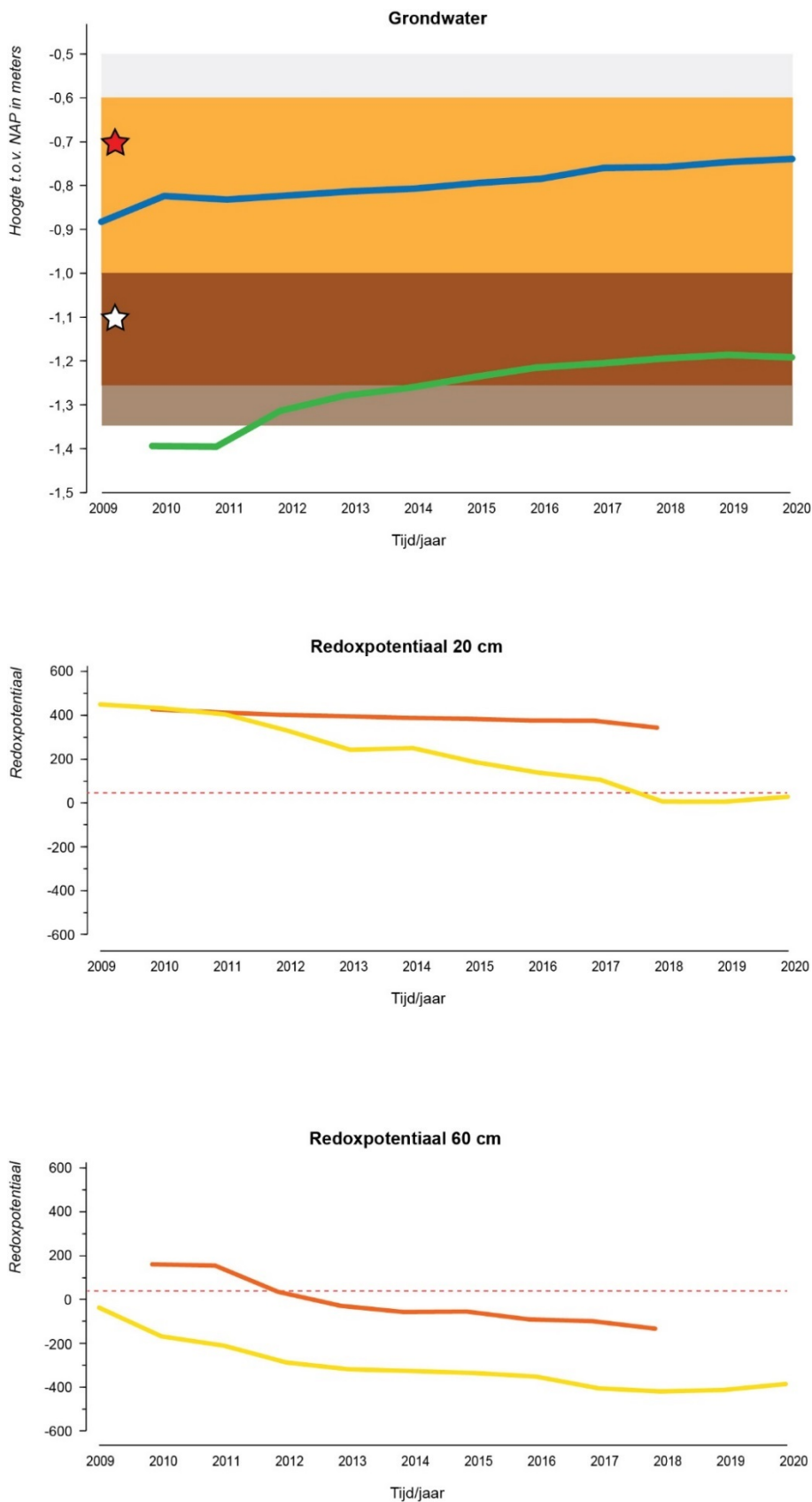
Figuur 10 Dwarsdoorsnede van huisplaats 37 met de trend van de GHG en GLG en de redox op 20 en 60 cm voor zomer- en winterperiode.



Figuur 11 Dwarsdoorsnede van huisplaats 77 met de trend van de GHG en GLG en de redox op 20 en 60 cm voor zomer- en winterperiode.



Figuur 12 Dwarsdoorsnede van huisplaats PE21 met de trend van de GHG en GLG en de redox op 20 en 60 cm voor zomer- en winterperiode.



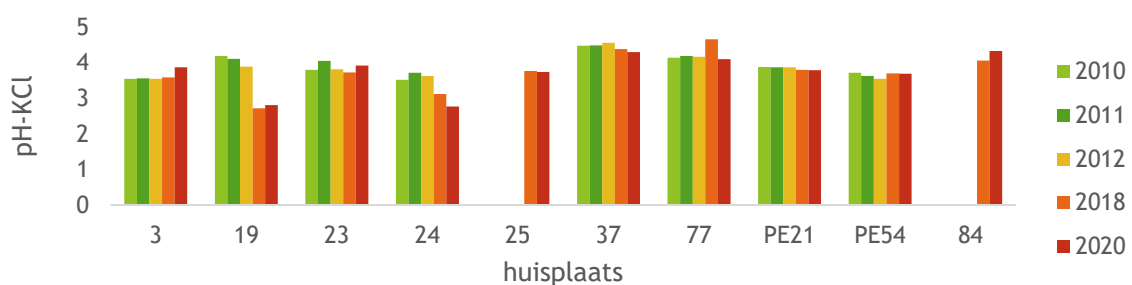
Figuur 13 Dwarsdoorsnede van huisplaats PE54 met de trend van de GHG en GLG en de redox op 20 en 60 cm voor zomer- en winterperiode.

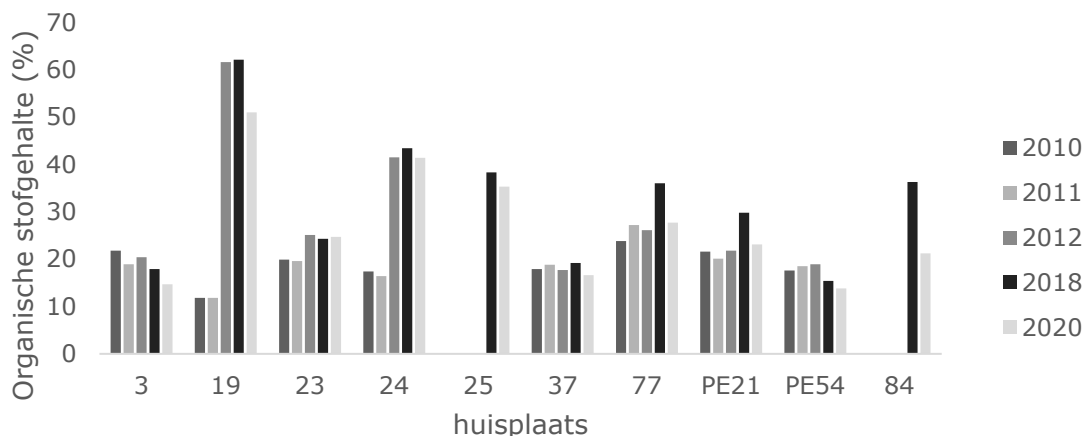
Tabel 6 Overzicht metingen grondwater (GHG en GLG) en monitoring fase 2.

Huisplaats	Grondwater	Redoxpotentiaal
3	<ul style="list-style-type: none"> GHG: stijgend sinds 2011, in top archeologisch pakket GLG: stijgend sinds 2011, in onderkant archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: dalend, zomer positief, winter negatief 60 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief
19 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> GHG dalend na ophoging, in archeologisch pakket GLG licht stijgend na ophoging, in onderste deel archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: licht dalend, zomer positief, winter iets negatief 60 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief
23	<ul style="list-style-type: none"> GHG: stabiel en hoog, boven archeologisch pakket GLG: stabiel, onder archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief 60 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief
24 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> GHG dalend na ophoging, in top archeologisch pakket GLG stabiel na ophoging, in archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: zomer positief stabiel/iets stijgend en winter negatief en dalend 60 cm -MV: zomer positief stabiel en winter negatief en dalend
25 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> Geen grondwatermetingen 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: stabiel/dalend, zomer en winter negatief
37	<ul style="list-style-type: none"> GHG: licht stijgend, boven archeologisch pakket GLG: licht stijgend, onder archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: stabiel/licht dalend, zomer positief en winter negatief 60 cm -MV: zeer licht stijgend, zomer rond 0 en winter negatief
77	<ul style="list-style-type: none"> GHG: licht stijgend, boven archeologisch pakket GLG: licht stijgend, in archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: stabiel/ licht dalend, zomer positief en winter negatief 60 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief
84 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> Geen grondwatermetingen 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: stabiel/dalend, zomer en winter negatief
PE21	<ul style="list-style-type: none"> GHG: licht dalend, boven archeologisch pakket GLG: licht dalend, in archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: stabiel/licht stijgend, zomer positief en winter negatief 60 cm -MV: licht dalend, zomer en winter negatief
PE54	<ul style="list-style-type: none"> GHG: licht stijgend, in archeologisch pakket GLG: licht stijgend, onder archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: licht dalend, zomers erg hoog, winter iets negatief 60 cm -MV: licht dalend, zomer en winter negatief

4.3 Bodemchemie/pH

De pH-KCl van de bovenste laag (0-20 cm -mv) is gedurende de monitoring weinig veranderd (Figuur 14). De pH van de bodem is gemiddeld 3,8. Bij huisplaats 19 en 24 is wel een duidelijke verlaging van 3,9 naar 2,9 zichtbaar. Dit heeft te maken met het feit dat er na 2012 op de afdekking is bemonsterd, wat een heel andere laag is dan onder de afdekking. De nieuwe deklaag is veel zuurder. Dat kan nadelige consequenties hebben voor vegetatieontwikkeling.

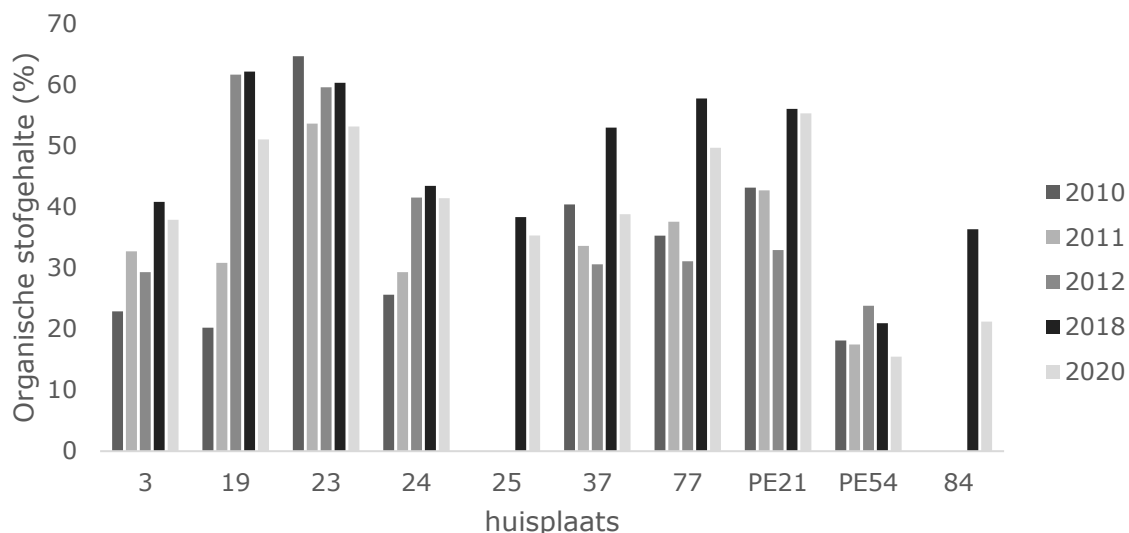
**Figuur 14** pH-KCl van de bovenste laag op alle onderzochte huisplaatsen.



Figuur 15 Organischestofgehalte van de bovenste laag (0-20 cm -mv) op alle onderzochte huisplaatsen.

Het organischestofgehalte van de bovengrond (0-20 cm) is ook weinig veranderd (figuur 15). Ook hier is het effect van meten in de afdekking bij huisplaats 19 en 24 zichtbaar. Het organischestofgehalte van de grondlaag die als afdekking is gebruikt, bestaat uit materiaal met een veel hoger organischestofgehalte (van 40-60%) dan de oorspronkelijke bovengrond. Van huisplaats 84 en 25 zijn geen metingen voor 2018. Ook hier liggen de organischestofgehalten vrij hoog vergeleken met de gehalten op niet afgedekte huisplaatsen, maar wel wat lager dan die op huisplaats 19 en 24. Het gebruikte materiaal om de huisplaatsen mee af te dekken, is dus meestal weinig, met een hoog organischestofgehalte (van 20-60%). Op de huisplaatsen PE21 en 77 is er sprake van een duidelijke verhoging in 2018. Er is geen duidelijke verklaring voor. Deels heeft het vermoedelijk te maken met de heterogeniteit van de bovengrond. Het kan ook te maken hebben met vergraving door dieren.

Er kwamen bijvoorbeeld nogal eens molshopen voor op de huisplaatsen.



Figuur 16 Organischestofgehalte van het hele profiel op alle niet-afgedekte huisplaatsen.

In Figuur 16 is zichtbaar dat het gemiddelde organischestofgehalte in het hele profiel vrij sterk varieert tussen de huisplaatsen. Huisplaats PE54 staat ondiep op zand, waardoor het gemiddelde organischestofgehalte lager is. Door de jaren heen varieert het gehalte wel wat, maar er is geen duidelijke trend naar een lager organischestofgehalte als gevolg van veenoxidatie. De variaties komen vooral doordat de bemonsteringsplek steeds wat varieert en mogelijk door wat oppervlakkige veranderingen, zoals bij Figuur 14 op de huisplaatsen PE21 en 77 beschreven is.

Grondwaterkwaliteit

In november 2020 is de grondwaterkwaliteit in de peilbuizen onderzocht. Tabel 7 geeft de gehalten van zowel de bovenste 50 cm grondwater in de peilbuis als de onderste 50 cm tot maximaal 180 cm diepte. Wat opvalt, zijn de verschillen in alkaliniteit, Mn, Fe, SO₄, P-PO₄, DO en IC. DO is het opgelost zuurstofgehalte. Dat is onder de niet-afgedekte huisplaatsen aan de bovenkant van het grondwatervolume wat hoger. Dit kan verklaard worden door de betere uitwisseling met de omgeving. De alkaliniteit geeft de mate van zuurbuffering aan. Naarmate die hoger is, zal de pH minder snel veranderen. Dat voorkomt verdere pH-daling. Onder de afgedekte huisplaatsen is de alkaliniteit wat hoger. Mogelijk heerst er wat kwel, waardoor IC (anorganisch koolstof) wordt aangevoerd. In het grondwater onder de afgedekte huisplaatsen blijken ook grotere hoeveelheden alternatieve oxidatoren dan O₂ (Fe, Mn, SO₄) aanwezig dan in het grondwater van de niet-afgedekte huisplaatsen. De redoxpotentiaal daalt naar lagere waarden wanneer in volgorde: eerst O₂, dan NO₃, Mn, Fe, SO₄ en ten slotte C worden gebruikt als oxidator. Dat betekent dat onder afgedekte huisplaatsen de redoxpotentiaal door de anaerobe (zonder O₂) afbraakprocessen vanwege een iets grotere voorraad minder snel zal dalen dan onder de niet-afgedekte huisplaatsen.

Blijkbaar hopen alternatieve oxidatoren zich onder de afdekking wat op, terwijl je zou verwachten dat die anaeroob geleidelijk opgebruikt zullen worden. De enige verklaring is dat er wat verschillen in uitwisseling met de omgeving zijn (geen uitwisseling met buitenlucht, vertraagde laterale waterstroming). Dat geldt vermoedelijk ook voor de lagere DO en de verhoogde alkaliniteit.

Aangezien de redoxwaarden weinig verschillen, is dat een indicatie dat er toch vergelijkbare redoxprocessen aan de gang zijn. De redoxwaarden (Em -200mV) zijn gedaald tot ongeveer het niveau dat Fe³⁺ en sulfaat (SO₄²⁻) een rol gaan spelen. Het gehalte NO₃⁻ blijkt al tot bijna 0 gedaald.

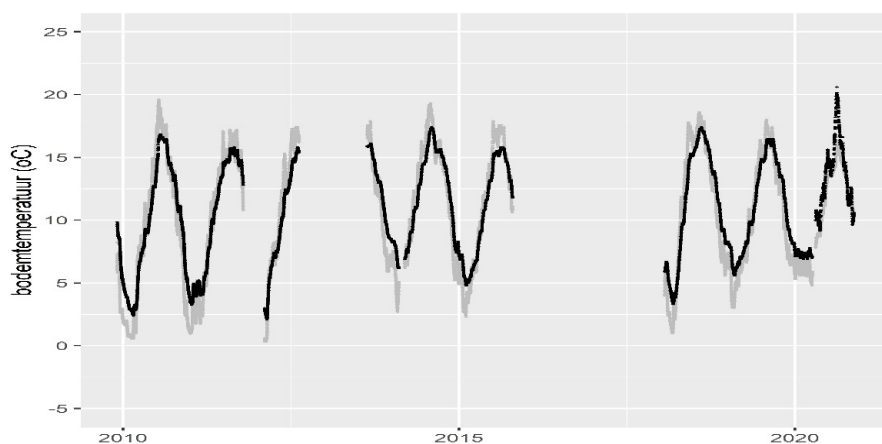
Let wel dat de afbraaksnelheid onder anaerobe omstandigheden gewoonlijk veel lager is dan onder aerobe omstandigheden. De conservering is daarmee al flink verbeterd.

Tabel 7 Chemische analyses van grondwater en bodem in november 2020. Geel gearceerd zijn duidelijke verschillen van afgedekte versus niet-afgedekte huisplaatsen.

Analyse	Eenheid	Afdekken		Niet afdekken	
		(gws -50cm)	(gws -180cm)	(gws -50cm)	(gws -180cm)
SO ₄	mg/l	14.0	22.0	33.8	52.8
Dissolv. oxygen (DO)	mg/l	3.7	3.3	5.9	3.1
inorganic carbon (IC)	mg/l	93.3	133.5	39.7	52.0
Mn	mg/l	0.6	1.0	0.2	0.4
P-PO ₄	mg/l	1.8	2.5	0.3	0.3
alkaliniteit	mmol/l	12.8	19.8	7.5	7.4
Fe	mg/l	15.3	23.0	2.2	3.1
N-(NO ₃ +NO ₂)	mg/l	0.5	0.0	0.9	0.1
redox water (Em)	mV			-139	-154
redox bodem (Em)	mV	-235	-235	-215	-215
pH-H ₂ O water	bij 20 ± 1 °C	5.1	5.1	5.1	5.0
pH-H ₂ O bodem	bij 20 ± 1 °C			5.1	5.1

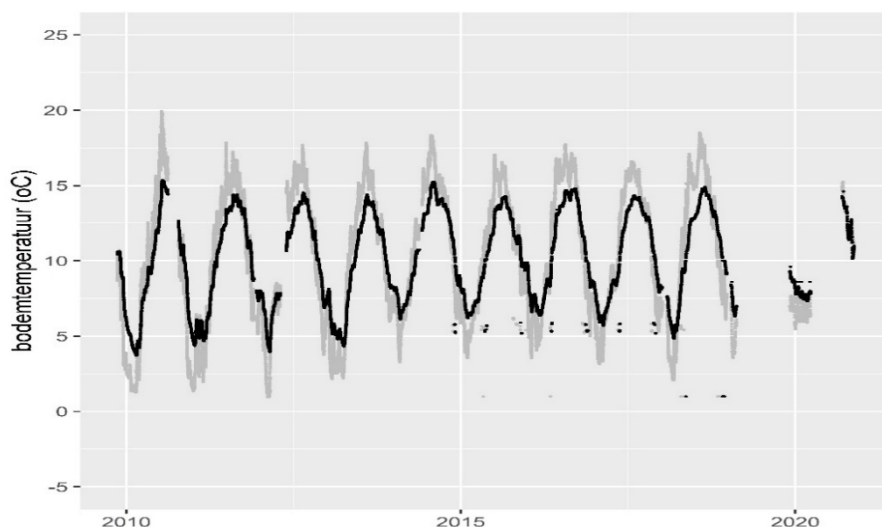
4.4 Bodemtemperatuur

Tegelijk met de redoxpotentiala werd met dezelfde sensoren meestal ook de bodemtemperatuur gemeten. De bodemtemperatuur kent een jaarlijkse amplitude die naar de diepte wat gedempt is. Het grondwaterniveau heeft door het relatief hoge geleidingsvermogen van water een grote invloed op de hoogte van die cyclus. Verder is natuurlijk de buitentemperatuur het bepalendst voor veranderingen en dus ook voor de jaarlijkse schommelingen. Figuur 17 en 18 geven de bodemtemperaturen van resp. een relatief natte (3) en een relatief droge huisplaats (PE54) weer. Van een aantal jaren ontbreken soms meetwaarden, veroorzaakt door defecte sensoren, dataloggers of beperkte controle op batterijniveau. De bodemtemperatuur op 20 cm varieert naar verwachting meer dan die op 60 cm.



Figuur 17 Bodemtemperatuur (°C) op 20 en 60 cm diepte op huisplaats 3 gedurende de monitoringperiode (grijs 20 cm, zwart 60 cm).

Figuur 17 laat zien dat de bodemtemperatuur op 20 cm varieert tussen 0 en 20°C en op 60 cm tussen 3 en 18°C. Er zijn weinig verschillen tussen de jaren en er is ook niet meteen een duidelijke trend zichtbaar. De invloed van het veranderende grondwaterregime is hier niet erg duidelijk. Het lijkt erop dat de minimumtemperatuur op 20 cm na 2012 wat hoger is dan ervoor, maar dit heeft alles te maken met wat koudere winters in 2010 en 2012. De winter van 2018 was ook weer wat kouder. Kortom, de jaarlijkse weersverschillen bepalen voor een groot deel de uiterste waarden.



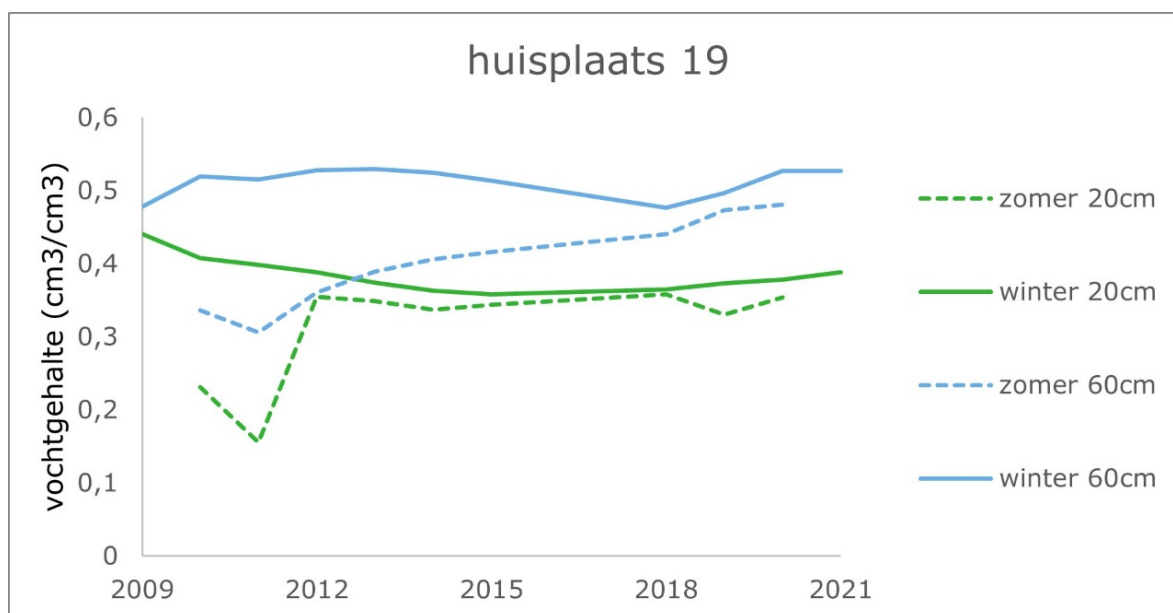
Figuur 18 Bodemtemperatuur (°C) op 20 en 60 cm diepte op huisplaats PE54 gedurende de monitoringperiode (grijs 20 cm, zwart 60 cm).

De bodemtemperatuur varieert op de drogere huisplaats PE54 op 20 cm tussen 2 en 20 °C en op 60 cm tussen 4 en 15 °C (Figuur 18). De amplitude is dus wat kleiner dan van huisplaats 3, zowel op 20 als op 60 cm. Aan het verloop van de jaren is te zien dat ook hier in 2010, 2012 en 2018 de bodemtemperatuur op 20 cm het laagst was, analoog aan de wat strengere winter en dat er op het eerste gezicht ook geen duidelijke trend naar andere bodemtemperaturen herkenbaar is. De jaarlijkse weersverschillen spelen een grote rol. De bodem en vooral bodemvocht en dus ook grondwaterniveau hebben vooral invloed op de amplitude.

De kleinere amplitude voor de drogere huisplaats PE54 betekent dat de jaarlijkse temperatuurverschillen wat kleiner zijn dan van nattere huisplaatsen. De temperatuur in de bodem bepaalt voor een belangrijk deel de snelheid van afbraakprocessen. Bij een temperatuurstijging van 10° verdubbelt de afbraaksnelheid. Die 10 graden is globaal het verschil tussen de zomer- en de winterperiode. In de winter liggen de afbraakprocessen daardoor op een veel lager pitje. In combinatie met een lagere redoxpotentiaal door minder aerobe omstandigheden, zijn de winters dus veel minder belangrijk voor het behoud van archeologische materialen dan de zomers. Daarom richten we ons hierna op de verschillen in zomertemperaturen op 20 en 60 cm.

4.5 Vochtgehalte

Op acht van de tien huisplaatsen is in vervolg op de vorige monitoring het vochtgehalte gemeten. De hoofdpunten zijn hier in beeld gebracht. Figuur 19 geeft aan wat het vochtgehalte was in de zomer- en de winterperiode op 20 en 60 cm diepte. Het zijn per jaar gemiddelde waarden van de drie hoogste vochtgehalten op de 14^e en 28^e van de maand om 12 uur 's middags voor het winterhalfjaar en van de drie laagste vochtgehalten voor het zomerhalfjaar. Dit zijn dus jaargemiddelde waarden.



Figuur 19 Jaargemiddelde vochtgehalten op huisplaats 19 voor de zomer- en de winterperiode op 20 en 60 cm diepte.

Het jaargemiddeld vochtgehalte van huisplaats 19 op 20 cm is na de afdekking in februari 2012 in de winter lager dan ervoor. In de zomer zien we na 2012 een vrij constant vochtgehalte, dat iets lager is dan in de winter.

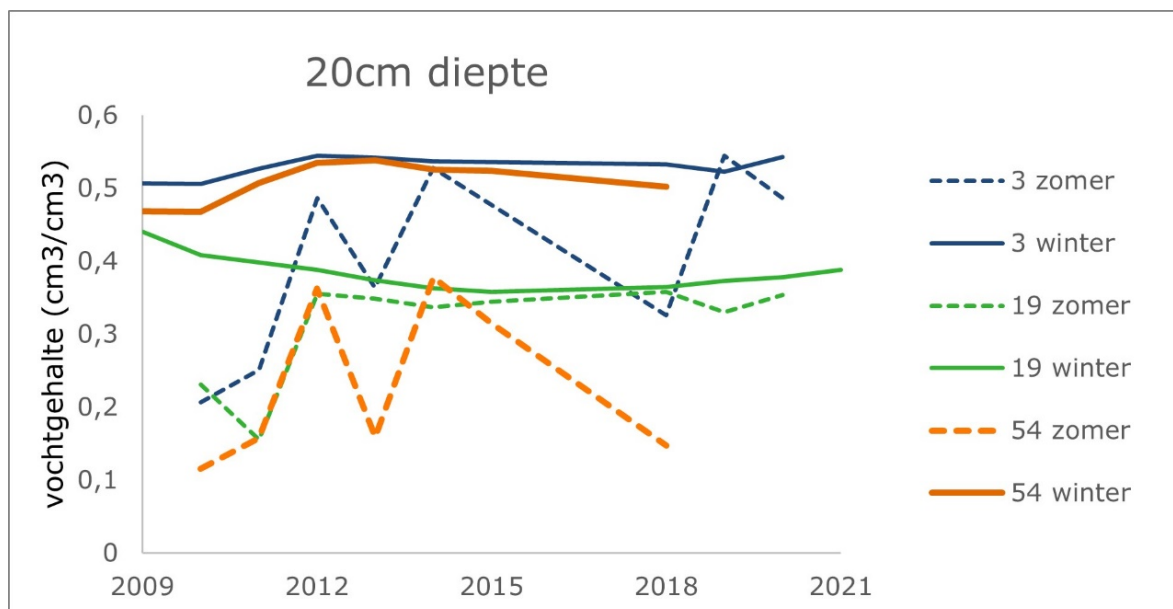
Op 60 cm is het vochtgehalte in de winter veel hoger dan op 20 cm. Dit heeft te maken met de verschillen in verzadigd vochtgehalte, wat voor een groot deel afhangt van de textuur. In de zomer is het vochtgehalte op 60 cm lager dan in de winter, maar ook daar stijgt het jaargemiddelde vochtgehalte sinds de afdekking geleidelijk naar het niveau in de winter. Het vochtgehalte in de winter

lijkt op 60 cm na de afdekking in februari 2012 eerder hoger dan lager zoals dat op 20 cm het geval is. Blijkbaar reageert het vochtgehalte op 60 cm eerder en sneller op de aanvoer van water in de winter dan op 20 cm diepte.

Het vochtgehalte op 20 cm is op huisplaats 3 en PE54 meestal hoger dan op huisplaats 19 (zie Figuur 20). Dit heeft vooral te maken met een hoger verzadigd vochtgehalte door textuurverschillen op 20 cm diepte.

Op huisplaats 3 en PE54 zijn de verschillen in vochtgehalte in de zomer groot, vergeleken met die van de winterperiode. De drogere zomers van 2011, 2013 en 2018 zijn goed zichtbaar in de lagere vochtgehalten op de niet-afgedekte huisplaatsen 3 en PE54. De vochtgehalten zijn in de winter mede door het neerslagoverschot en de hogere grondwaterstanden hoger. Op huisplaats 19 zijn die verschillen na de afdekking in 2012 veel minder groot. Er is een veel stabielere situatie ontstaan.

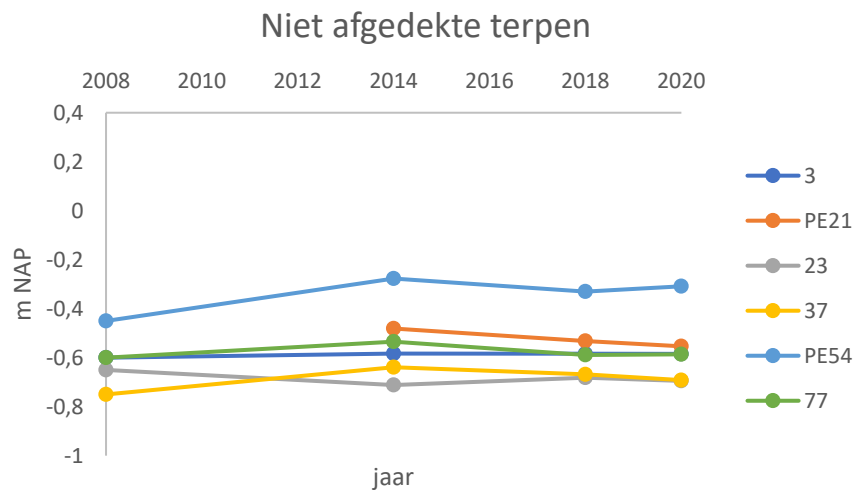
De vochtgehalten in de winter zijn op de huisplaatsen 3 en PE54 sinds 2010 gestegen, terwijl die van huisplaats 19 eerder een daling aangeven. De oorzaak daarvan zit vermoedelijk in de afdekking. Er komt daar geen vocht via neerslag meer op 20 cm diepte in de bodem terecht. Er is daar alleen vochttransport via laterale grondwaterstroming en met een stijgend grondwaterniveau mogelijk. De lucht kan er moeilijk weg en remt daardoor de snelheid van vochtaanvoer en daarmee de verzadiging met vocht.



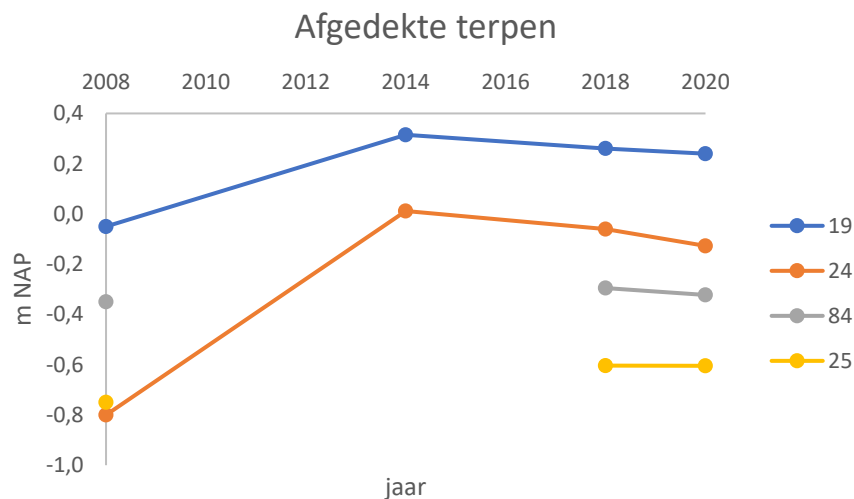
Figuur 20 Jaargemiddelde vochtgehalten op huisplaats 19 vergeleken met huisplaats 3 en PE54 voor de zomer- en de winterperiode op 20 cm diepte.

4.6 Maaiveldhoogten

Figuur 21 en 22 geven de gemiddelde maaiveldhoogten aan van de metingen in de jaren 2008 (Schepers, 2008), 2014, 2018 en 2020. De laatste drie meetmomenten zijn steeds in de zomerperiode geweest. Bij de afgedekte huisplaatsen zien we in de grafiek eerst een forse toename t.o.v. 2008 door de afdekking met folie en een grondlaag en na 2014 een geleidelijke afname van de maaiveldhoogte. Bij de niet-afgedekte huisplaatsen is de verandering klein. In Tabel 8 zijn de metingen op een rijtje gezet.



Figuur 21 Verloop van de maaiveldhoogten op niet afgedekte huisplaatsen.



Figuur 22 Verloop van de maaiveldhoogten op afgedekte huisplaatsen.

Tabel 8 Gemiddelde verandering in mm in de maaiveldhoogte van afgedekte en niet-afgedekte huisplaatsen in de jaren 2008-2020.

	2008-2014	2014-2018	2018-2020	2014-2020
Niet-afgedekt				
gem. daling (mm)	-61	26	6	32
daling/jaar	-10	7	3	5
Afgedekt¹	0	0	0	0
gem. daling (mm)	-588	63	29	107
daling/jaar	0	16	14	15

Door de afdekking is de maaiveldhoogte in 2012 met gemiddeld 588 mm gestegen. Na 2012 is de maaiveldhoogte op de afgedekte huisplaatsen geleidelijk gedaald met 63 mm tot 2018 en daarna nog met gemiddeld 29 mm tot 2020. Totaal is de maaiveldhoogte na het afdekken tot 2020 met gemiddeld 107 mm gedaald, oftewel een daling van gemiddeld 15 mm/jaar. Bij deze berekeningen zijn de huisplaatsen 84 en 25 pas vanaf 2018 meegeteld. Bij de niet-afgedekte huisplaatsen is er eerst een lichte stijging van 2008-2014, maar daar bestaan wel onzekerheden over. De maaiveldhoogten van 2008 zijn mogelijk op een wat andere plek gemeten en ze zijn naar beneden afgerond op 0,05 m

(Schepers, 2008). Na 2014 zijn de maaiveldhoogten gemiddeld met 32 mm gedaald. De daling was de eerste jaren na 2014 nog 7 mm per jaar en na 2018 slechts 3 mm/jaar. Vermoedelijk is de veenoxidatie gestagneerd door de hogere grondwaterstanden.

Het is ook duidelijk dat op de afgedekte huisplaatsen de maaiveldhoogte sneller daalt dan op de niet-afgedekte huisplaatsen, de daling is zelfs drie keer zo groot. De verklaring hiervan zou kunnen zijn dat door de grotere grondmassa de huisplaats verder in het onderliggende veen wordt gedrukt. Echter bij tussentijdse metingen bleek dat juist dat gronddek in dikte was geslonken. In 2012 is bij de bodembemonstering een gronddek vastgesteld met de grondboor (plm. 5 cm nauwkeurig) van gemiddeld 50 cm voor de huisplaatsen 19 en 24. In 2018 kwamen de huisplaatsen 84 en 25 erbij en was de gemiddelde dikte 58 cm. In 2020 was die dikte geslonken tot 48 cm en voor de nummers 19 en 24 gemiddeld tot 38 cm. De afname was dus 10 tot 12 cm, wat goed overeenkomt met de daling van de maaiveldhoogte van 107 mm, oftewel 10,7 cm. De oorzaak ervan is vermoedelijk deels veenoxidatie. In het veld is echter ook waargenomen dat dieren daar de grond hebben vergraven en dat er grond afgespoeld of afgeschoven is (zie Figuur 23 met kale grond op huisplaats 19).

Het verdwijnen van de vegetatie lijkt vooral mechanisch. Door de droogte in de zomers van 2018 en 2019 kan ook vegetatie afgestorven zijn. Aan de grondwaterstandgegevens is te zien dat op huisplaats 19 het grondwaterniveau nooit boven de afdekfolie komt. Bij huisplaats 24 was dat in de beginjaren wel het geval, maar de laatste jaren blijft de dekgrond daar steeds boven het grondwaterniveau.



Figuur 23 Foto van een stuk kale grond op afgedekte huisplaats 19.

4.7 Vegetaties

De analyse is gericht op het inschatten van de ontwikkeling van de soortensamenstelling en bedekking, gericht op potentiële schade aan de huisplaatsen. Daarbij gaat het om:

- Diep wortelende soorten die door het doorboren van archeologische sporen en resten schade kunnen aanbrengen (direct) of indirect via het uitdrogen van bodemlagen. Op basis van literatuur zijn de voorkomende plantensoorten ingedeeld in drie groepen:
 - Soorten die maximaal tot 50 cm diepte kunnen wortelen;
 - Soorten die 50-100 cm diep kunnen wortelen;
 - Soorten die dieper dan 100 cm kunnen wortelen.
- Soorten die via holle wortels zuurstof in de bodem kunnen brengen, vooral in anders zuurstofloze lagen, zoals onder het grondwaterniveau. Het doorluchtende vermogen van deze soorten is een aanpassing om een toxisch wortelmilieu (bijvoorbeeld een dikke organische onderwaterbodem) te doorlichten om zo de directe omgeving van de wortel minder toxisch te maken. De effecten van een dergelijke doorworteling zijn waarschijnlijk zeer beperkt en op zeer lokale schaal. Met name Riet kan wel directe schade aanbrengen met puntige stolonen die ver in de anaerobe ondergrond kunnen doorgroeien (zie Figuur 24). De in het vorige punt genoemde soortengroepen zijn verder opgedeeld in soorten met holle of dichte wortels. De dichte wortels zullen niet in de permanent met water verzadigde zone (beneden GLG-niveau) wortelen, met holle wortels eventueel wel.
- De relatieve bedekking van het proefvlak met meer hierboven aangeduide groepen plantensoorten is indicatief voor de potentiële schade.

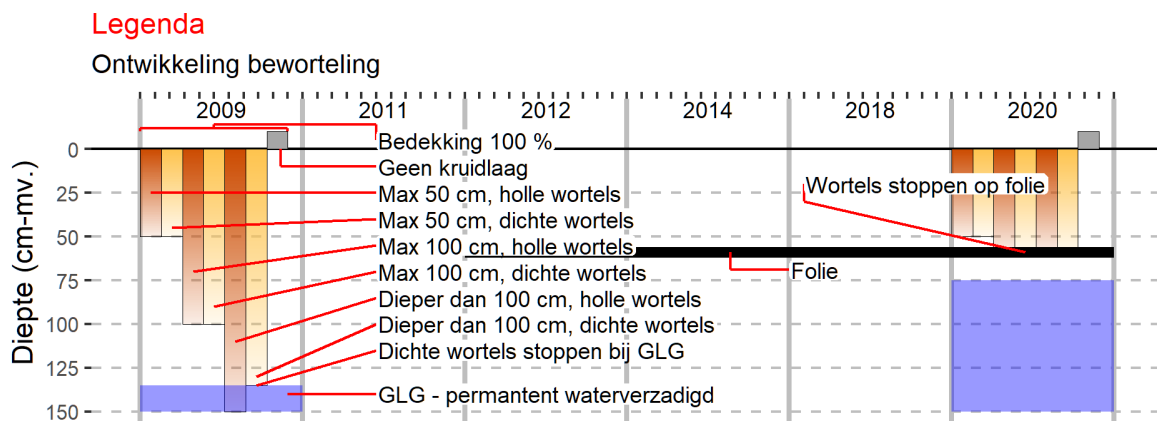


Figuur 24 Rietwortels in een permante waterverzadigde bodem aan de oever van een kreek in Zeeuws-Vlaanderen (foto Bas van Delft).

De relatieve bedekking van de soortengroepen is met een R-script berekend door per opname de soorten te groeperen naar maximale bewortelingsdiepte en dichte/holle wortels. De gesommeerde bedekking per soortgroep is vervolgens omgerekend naar de totale bedekking van de kruidlaag. Een klein deel van de plantensoorten kon niet in een soortgroep worden ondergebracht, deze zijn samen met de oppervlakte buiten de kruidlaag (mossen, strooisel, kaal) ondergebracht in de categorie 'Geen kruidlaag'. De gevonden verdelingen zijn per huisplaats en per jaar weergegeven in figuren 26 t/m 40 en een legenda in Figuur 25. Daarbij zijn eveneens de kenmerken aangegeven die van invloed kunnen

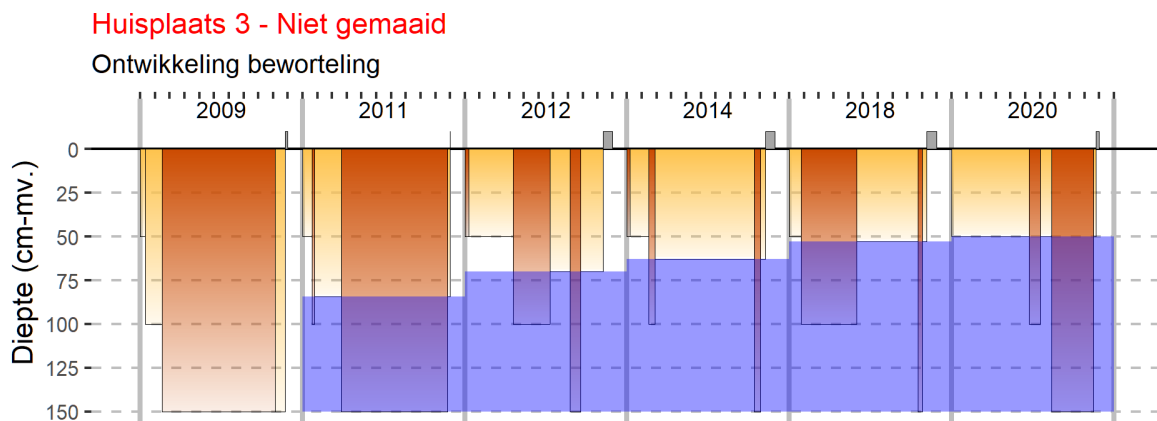
zijn op de ontwikkeling van de beworteling en daarmee op de schade die door wortels wordt aangebracht. Daarbij gaat het om:

- De diepte van de permanent met water verzadigde ondergrond. Hiervoor is het GLG-niveau aangehouden. De dichte wortels gaan daar niet onder, holle wortels eventueel wel. In de figuren is de diepte van de dichte wortels afgekapt op dit niveau.
- Aangebrachte folielaag. Dit vormt een goede barrière voor alle wortels, in de figuren zijn alle wortels hierop afgekapt.
- Maaibeheer. Dit kan bijdragen aan het minder diep wortelen, omdat soorten de neiging hebben ondieper te gaan wortelen bij maaibeheer. Ook worden dieper wortelende soorten teruggedrongen door maaibeheer. Maaibeheer is aangegeven in de titel van de figuren.

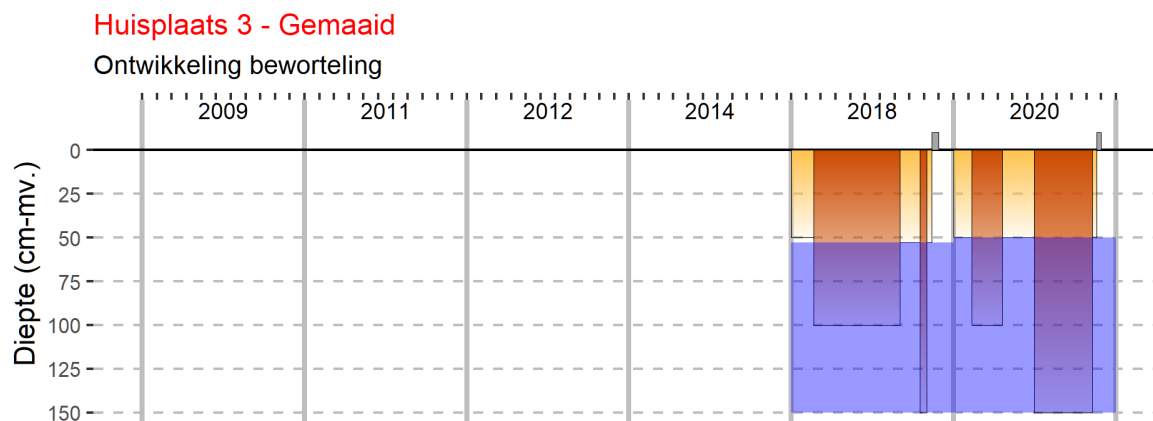


Figuur 25 Legenda bij de schema's van de ontwikkeling van de beworteling.

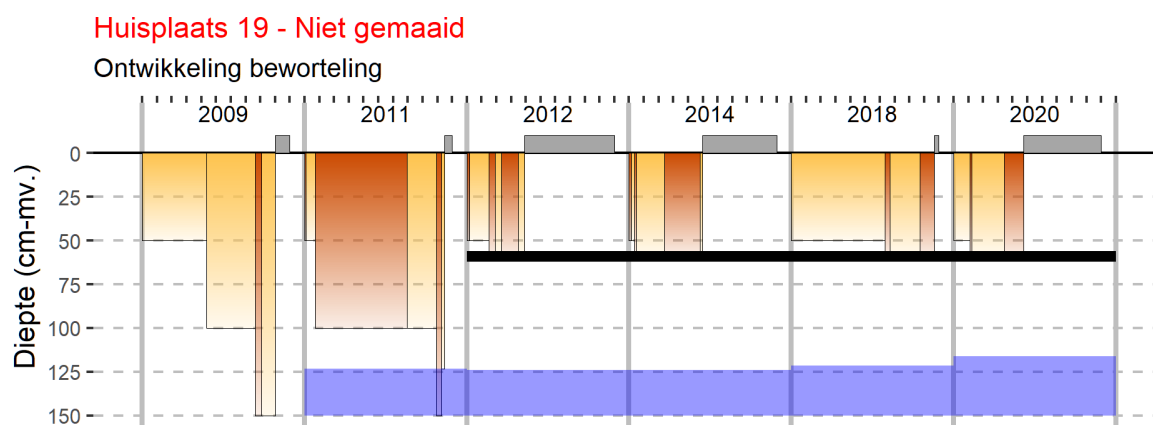
De legenda in Figuur 25 laat zien wat de verschillende onderdelen van de figuren 26 t/m 39 betekenen. De essentie is dat de verdeling in de bedekking van de soortgroepen volgt uit de breedte van de kolommen, waarbij de donkere kolommen de soortengroepen met holle wortels voorstellen en de lichte kolommen de soortgroepen met dichte wortels. De diepte van deze kolommen geeft aan tot hoe diep soorten in die groep maximaal wortelen. Overigens betekent dat niet dat alle wortels ook zo diep zullen reiken, meestal is de bewortelingsintensiteit het hoogst in de bovenste decimeters en neemt sterk af met de diepte. Omdat de dichte wortels niet zonder zuurstof kunnen leven, zijn die alleen aangegeven boven GLG-niveau. Overigens ontbreken voor 2009 de gegevens over GLG.



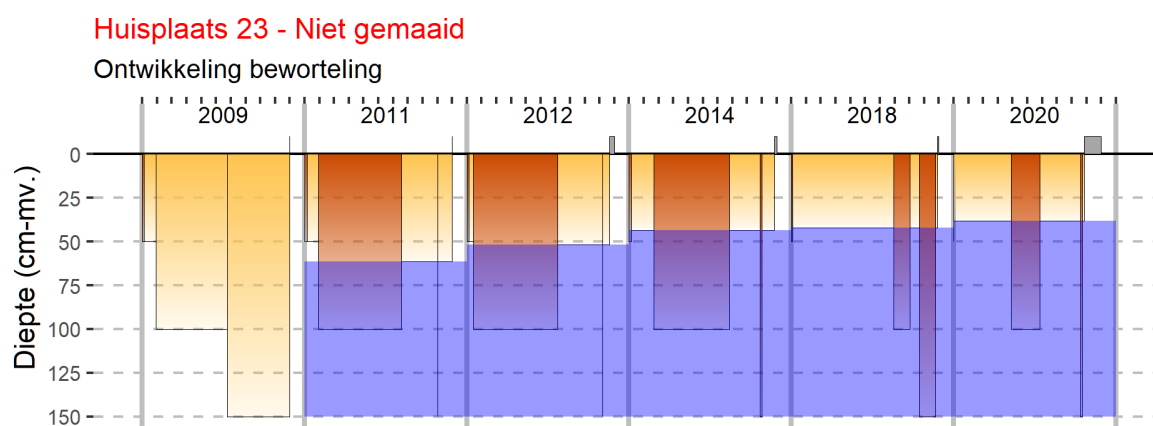
Figuur 26 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 3, onder invloed van stijgend grondwaterniveau.



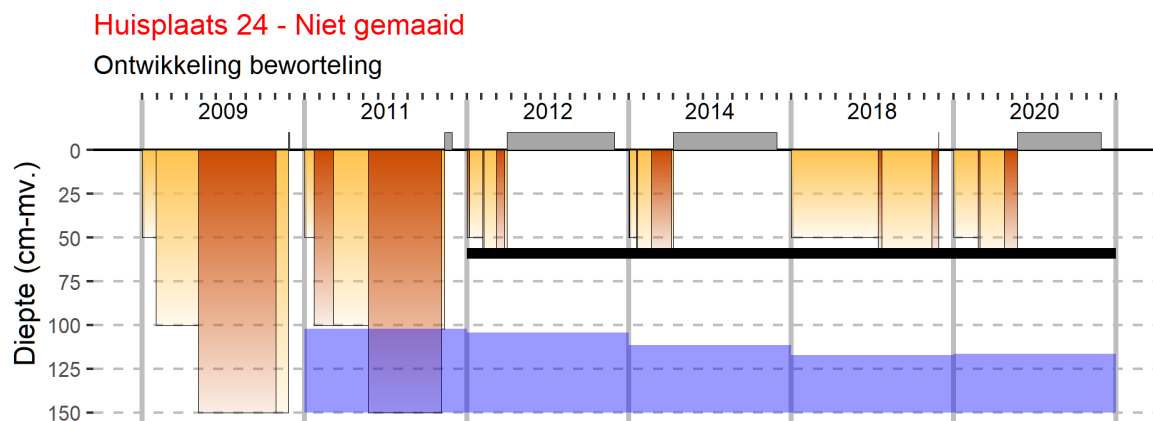
Figuur 27 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 3, onder invloed van stijgend grondwaterniveau en extensief maaibeheer, sinds 2018.



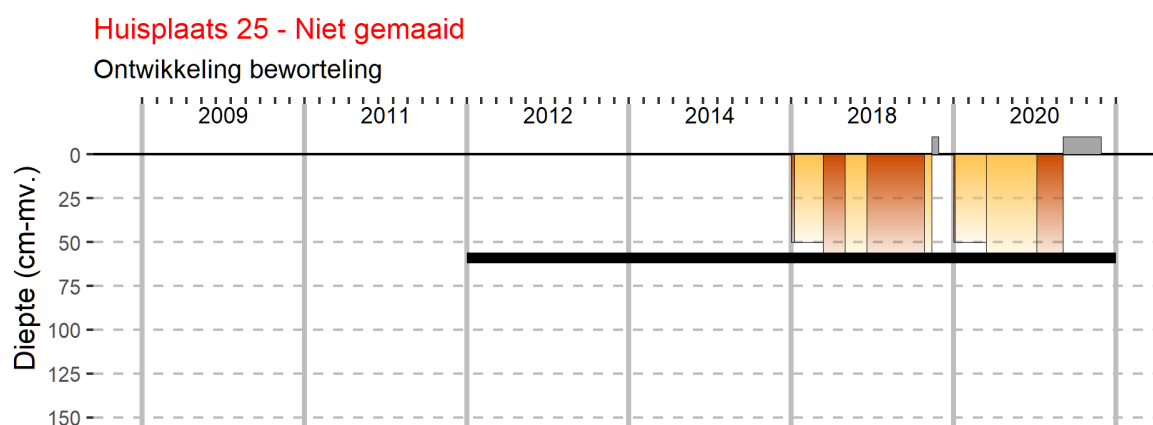
Figuur 28 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 19, onder invloed van stijgend grondwaterniveau en een afdekking sinds 2012. NB De maaiveldverhoging door de afdekking is in deze figuur niet meegenomen, waardoor de stijging van het grondwaterniveau sinds 2012 onderschat lijkt (zie ook § 4.2).



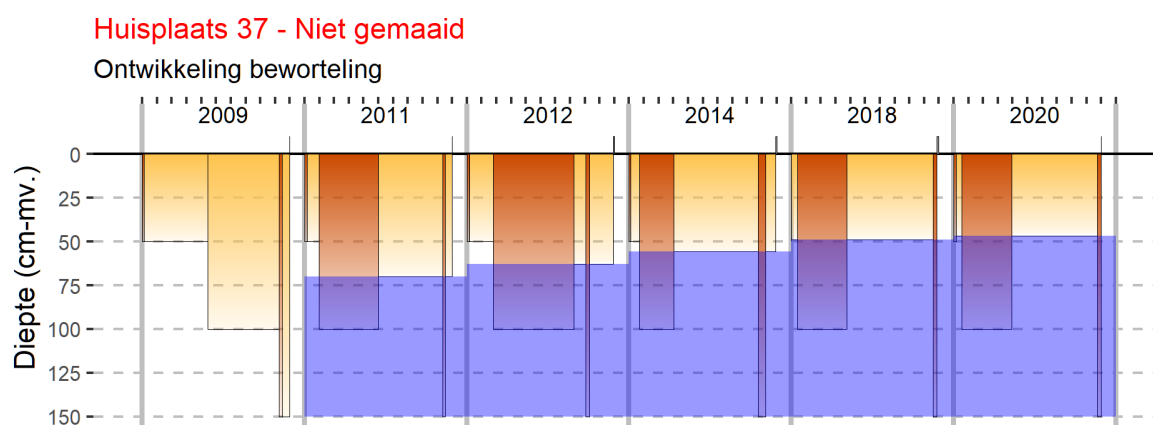
Figuur 29 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 23, onder invloed van stijgend grondwaterniveau.



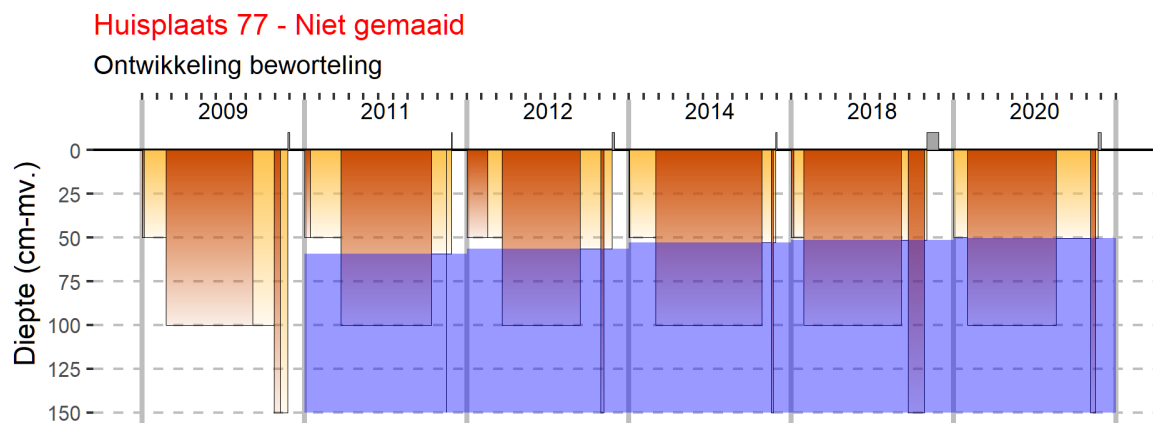
Figuur 30 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 24, onder invloed van stijgend grondwaterniveau en een afdekking sinds 2012. NB De maaiveldverhoging door de afdekking is in deze figuur niet meegenomen, waardoor de stijging van het grondwaterniveau sinds 2012 onderschat lijkt (zie ook § 4.2).



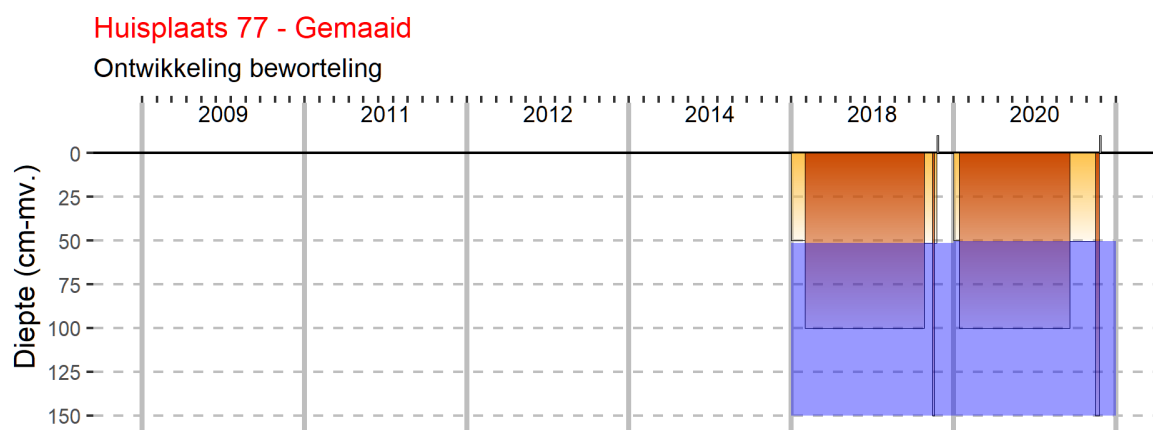
Figuur 31 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 25, onder invloed van een afdekking sinds 2012. Deze huisplaats wordt pas sinds 2018 opgenomen. Er zijn ook geen grondwaterstandgegevens van.



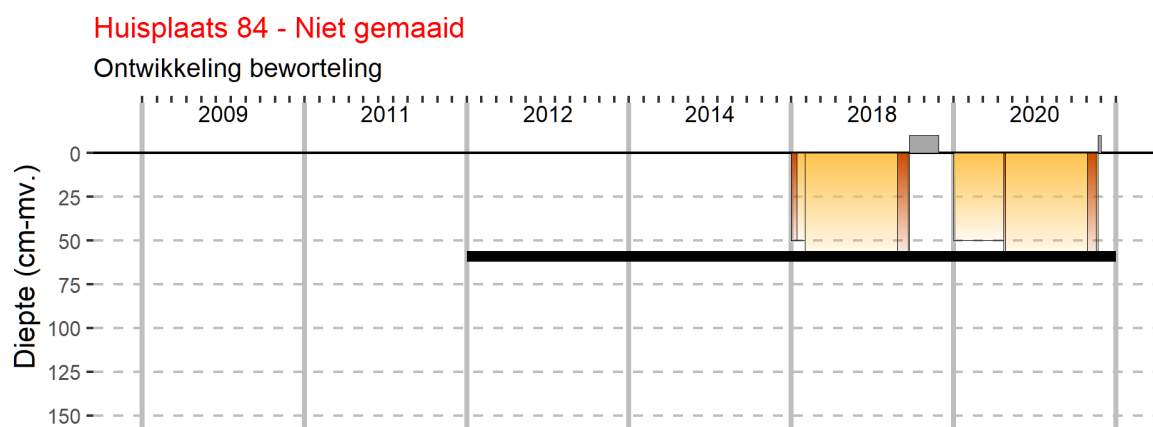
Figuur 32 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 37, onder invloed van stijgend grondwaterniveau.



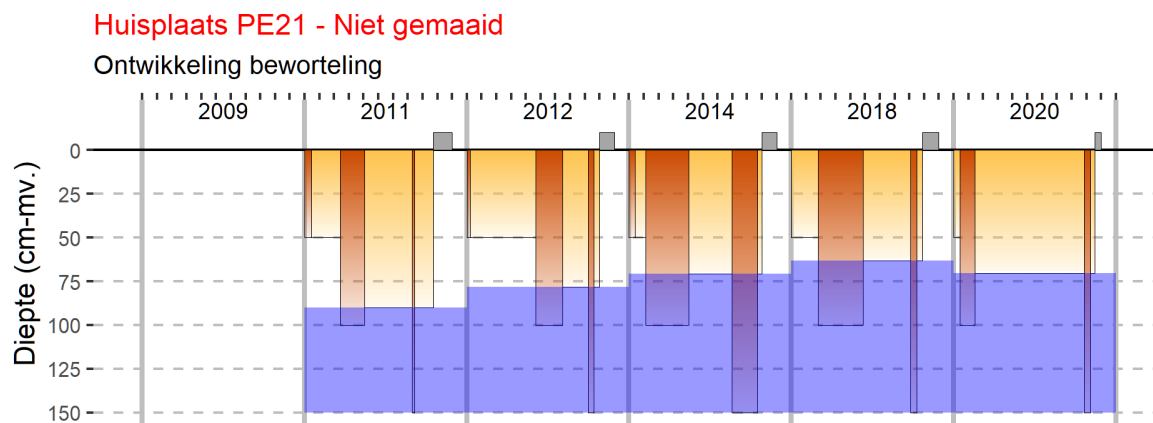
Figuur 33 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 77, onder invloed van stijgend grondwaterniveau.



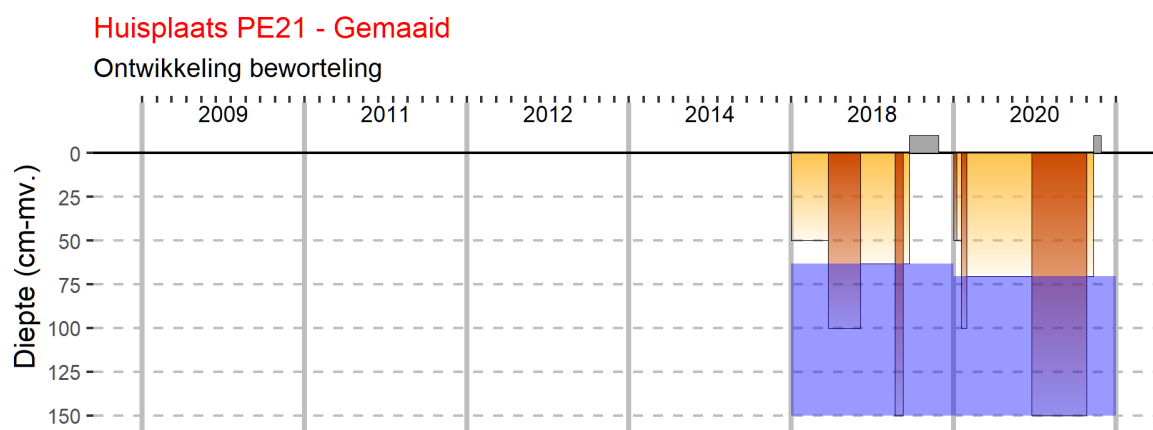
Figuur 34 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 77, onder invloed van stijgend grondwaterniveau en extensief maaibeheer, sinds 2018.



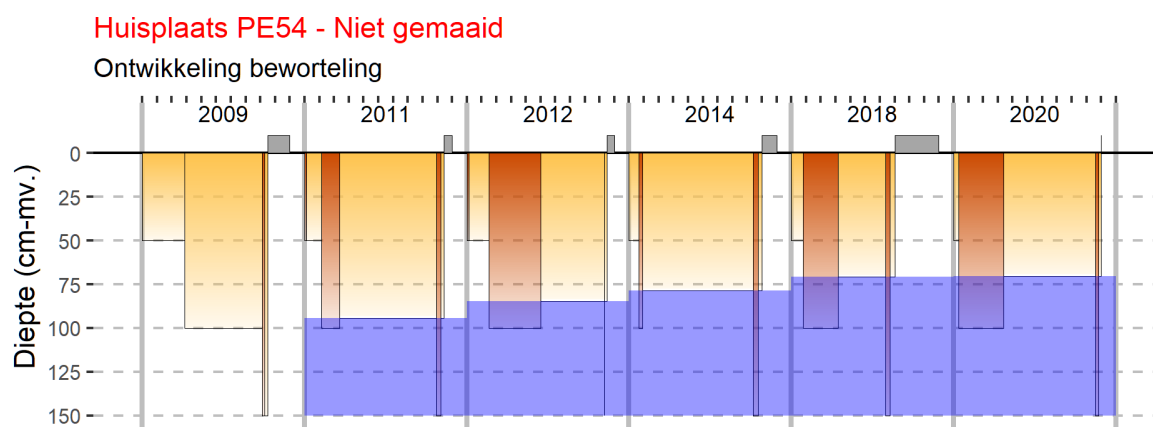
Figuur 35 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats 84, onder invloed van een afdekking sinds 2012. Deze huisplaats wordt pas sinds 2018 opgenomen. Er zijn ook geen grondwaterstandgegevens van.



Figuur 36 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats PE21, onder invloed van stijgend grondwaterniveau.



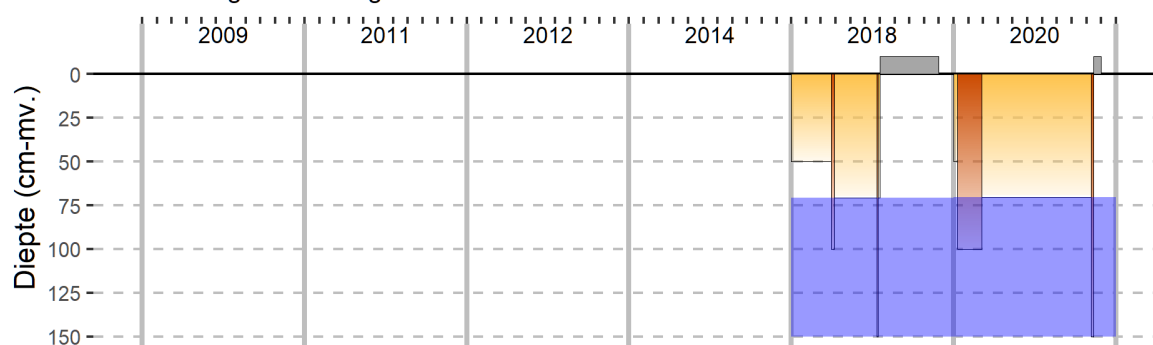
Figuur 37 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats PE21, onder invloed van stijgend grondwaterniveau en extensief maaibeheer, sinds 2018.



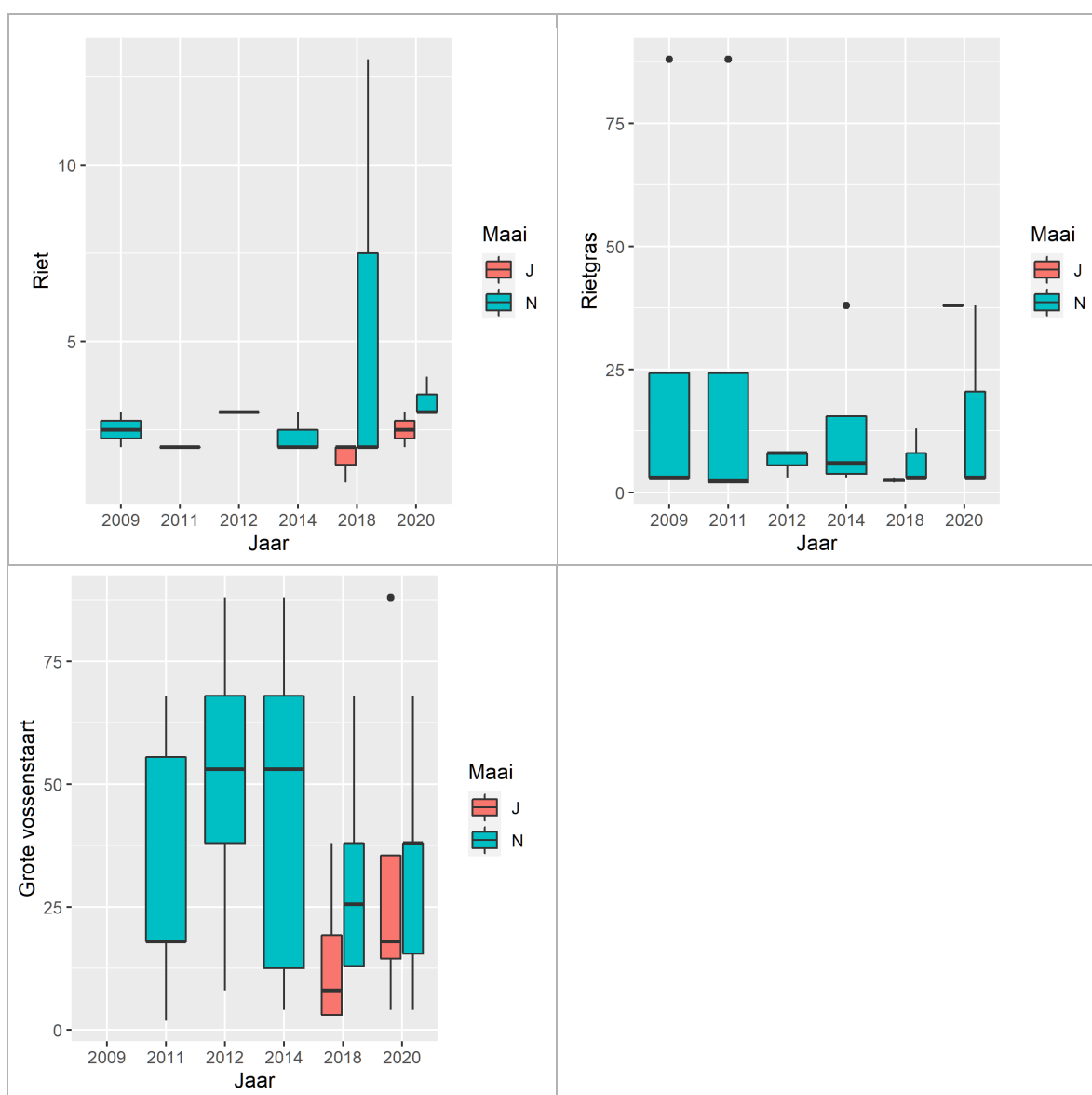
Figuur 38 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats PE54, onder invloed van stijgend grondwaterniveau.

Huisplaats PE54 - Gemaaid

Ontwikkeling beworteling



Figuur 39 Ontwikkeling van de beworteling bij huisplaats PE54, onder invloed van stijgend grondwaterniveau en extensief maaibeheer, sinds 2018.



Figuur 40 Ontwikkeling van de bedekking van de drie belangrijkste diep wortelende soorten met holle wortels op de huisplaatsen waar deze soorten waargenomen zijn. Riet en Rietgras kunnen meer dan 100 cm diep wortelen, Grote vossenstaart 50 tot 100 cm. Op de y-as staat de bedekking aangegeven. De verdelingen worden met percentielen aangegeven in boxplots. Let op het verschil in schaal.

De diep wortelende soorten betreffen vooral Riet, Rietgras en Grote vossenstaart (zie Figuur 40). Van deze soorten komt Riet in de laagste bedekking voor, maar het is waarschijnlijk wel de schadelijkste soort. De bedekking lijkt de laatste jaren wel iets toegenomen, maar er lijkt toch ook een positief effect van maaien te zijn. Rietgras komt met hogere bedekkingen voor, maar de spreiding is groot. Bij deze soort is geen effect van het maai-beheer waarneembaar. De hoogste bedekkingen worden gevonden voor Grote vossenstaart. Ook hierbij lijkt maaien een gunstig effect te hebben.

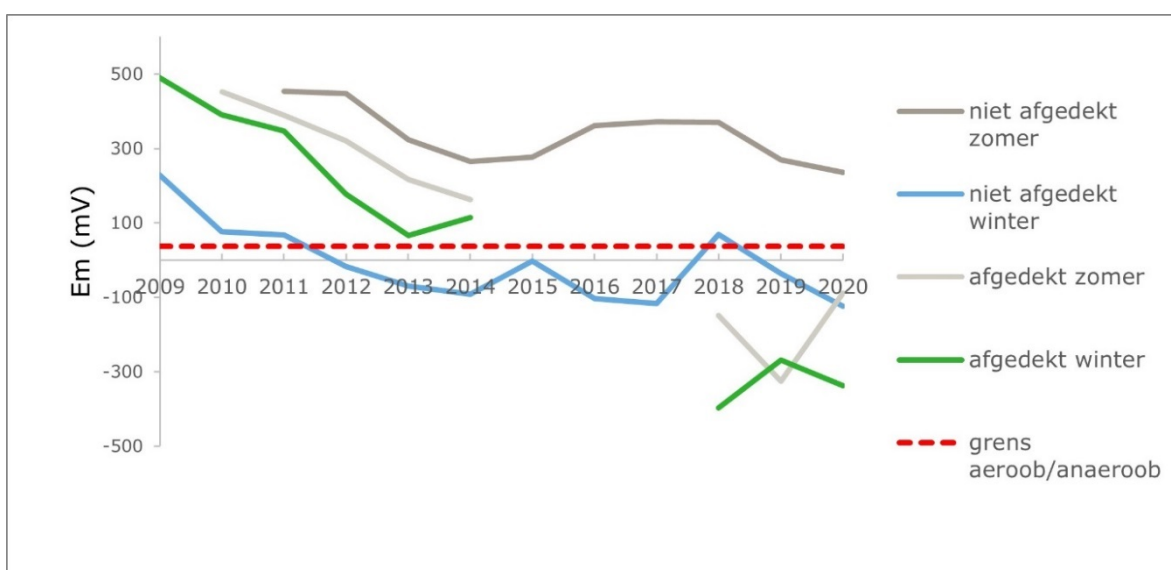
Tabel 9 Conclusies bij de ontwikkeling van de beworteling op de huisplaatsen.

Huisplaats	Ontwikkeling
3	<ul style="list-style-type: none"> • Stijgend grondwaterniveau dringt dichte wortels terug • Aandeel holle wortels is afgenomen sinds 2011, wel verschuiving naar dieper wortelende holle wortels
3 – gemaaid	<ul style="list-style-type: none"> • Aandeel holle wortels lijkt hier groter dan zonder maaien
19 – afgedekt	<ul style="list-style-type: none"> • Folie houdt wortels tegen • Totale bedekking na afdekken veel lager, met uitzondering van 2018. Zie ook Figuur 22
23	<ul style="list-style-type: none"> • Stijgend grondwaterniveau dringt dichte wortels terug • Aandeel holle wortels is afgenomen sinds 2012
24 – afgedekt	<ul style="list-style-type: none"> • Folie houdt wortels tegen • Totale bedekking na afdekken veel lager, met uitzondering van 2018
25 – afgedekt	<ul style="list-style-type: none"> • Folie houdt wortels tegen, korte reeks
37	<ul style="list-style-type: none"> • Stijgend grondwaterniveau dringt dichte wortels terug • Aandeel holle wortels is eerst afgenomen sinds 2012, daarna weer iets toegenomen
77	<ul style="list-style-type: none"> • Stijgend grondwaterniveau dringt dichte wortels terug, maar lijkt hier minder gestegen dan elders • Aandeel holle wortels lijkt stabiel hoog
77 – gemaaid	<ul style="list-style-type: none"> • Er lijkt geen effect op het aandeel holle wortels
84	<ul style="list-style-type: none"> • Folie houdt wortels tegen, korte reeks
PE21	<ul style="list-style-type: none"> • Stijgend grondwaterniveau dringt dichte wortels terug • Aandeel holle wortels varieert
PE21 – gemaaid	<ul style="list-style-type: none"> • Geen duidelijk effect van maaien op aandeel holle wortels
PE54	<ul style="list-style-type: none"> • Stijgend grondwaterniveau dringt dichte wortels terug • Aandeel holle wortels varieert
PE54 – gemaaid	<ul style="list-style-type: none"> • Mogelijk iets minder holle wortels door maaien

5 Resultaten en discussie

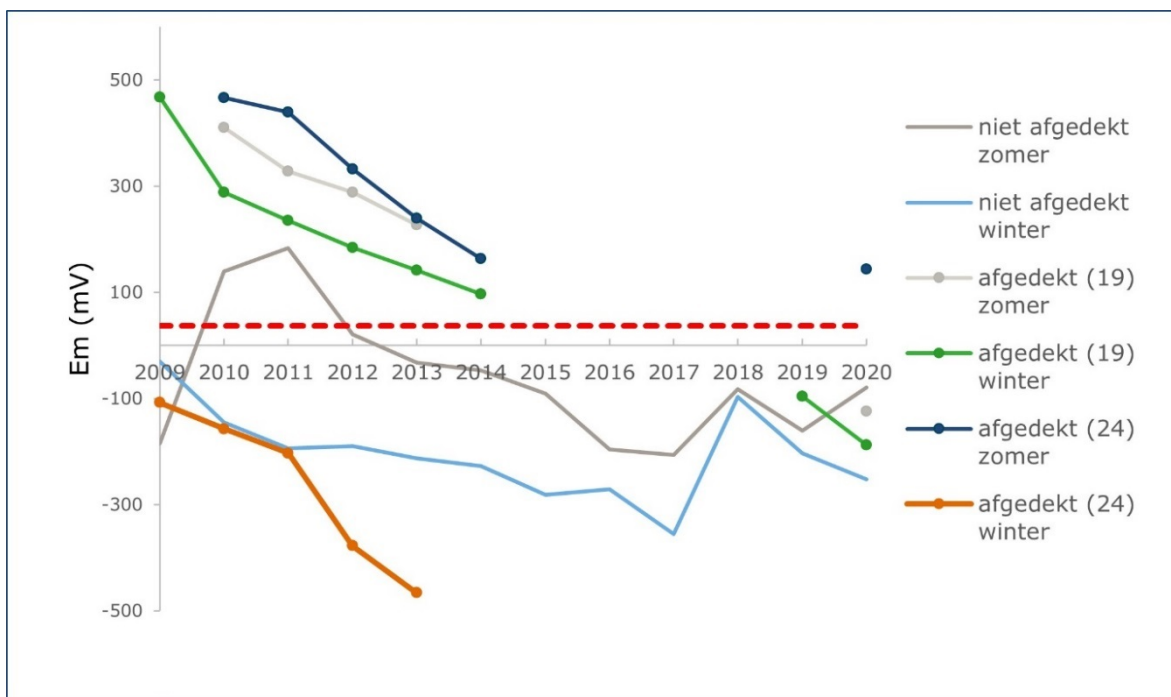
5.1 Afdekking van huisplaatsen

Vanaf 2012 zijn de huisplaatsen 19 en 24 afgedekt. De meetopstellingen waren er in 2009 al op ingericht. In 2018 zijn daar huisplaatsen 84 en 25 aan toegevoegd. De redoxsensoren zijn bij de huisplaatsen 19 en 24 dus al geplaatst, voordat ze afgedekt werden. Dat geldt niet voor de huisplaatsen 84 en 25. Daar zijn de sensoren achteraf op 20 cm onder het grondzeil aangebracht. Op 60 cm zijn alleen sensoren aangebracht op de afgedekte huisplaatsen 19 en 24. In de figuren 41 en 42 zijn de redoxmetingen weergegeven op 20 en 60 cm diepte. Van de niet-afgedekte huisplaatsen zijn alle metingen op 20 en 60 cm bij de vergelijking betrokken (huisplaatsen 3, 23, 37, 77, PE21 en PE54).



Figuur 41 Redoxpotentiaal E_m op 20 cm diepte van afgedekte en niet-afgedekte huisplaatsen.

Op 20 cm (Figuur 41) is een dalende trend van de redoxpotentiaal voor de afgedekte huisplaatsen zichtbaar. Dit geldt in veel minder mate voor de niet-afgedekte huisplaatsen, vooral na 2012 golft het wat op en neer. De wintermetingen zijn vrijwel steeds lager dan de zomermetingen, wat goed overeenkomt met verschillen in grondwaterniveau (paragraaf 4.2). Er zijn overigens geen metingen van de afgedekte huisplaatsen tussen zomer 2014 en begin 2018. Op de huisplaatsen 19 en 24 zijn de defecte sensoren niet vervangen, omdat die onder het afdekzeil verborgen zitten. De metingen na 2018 zijn dan ook van de afgedekte huisplaatsen 84 en 25. De tendens van de metingen op huisplaatsen 19 en 24 zet zich goed voort op de nieuw gemeten huisplaatsen.



Figuur 42 Redoxpotential Em op 60 cm diepte van afgedekte en niet-afgedekte huisplaatsen.

Op de niet-afgedekte huisplaatsen zijn de gemiddelde redoxwaarden op 60 cm diepte na 2012 steeds negatief (Figuur 42). Dat geldt niet meteen voor de afgedekte huisplaatsen. Tussen 2014 en 2019 zijn er weinig waarnemingen, maar de tendens is wel steeds dalend. Ook de weinige waarnemingen na 2019 zijn bijna alle negatief. De individuele waarnemingen van huisplaats 19 en 24 zijn apart in beeld gebracht om te laten zien dat er ook wel grote verschillen zijn. Bij huisplaats 19 bleven de redoxwaarden in de winter duidelijk hoger dan op huisplaats 24 en langer positief. Dit heeft zeer waarschijnlijk ook te maken met de hogere maaiveldhoogte van deze huisplaats. Overigens hadden de beide huisplaatsen 19 en 24 voor afdekking al een hoge maaiveldhoogte vergeleken met de andere onderzochte huisplaatsen. Dat is zeer waarschijnlijk ook de reden dat de redoxpotential op 60 cm in het begin op deze plekken nog zo hoog was.

Kortom, op zowel 20 als op 60 cm is een dalende tendens zichtbaar op de afgedekte huisplaatsen die alle tenderen naar een negatieve redoxpotential in winter en zomer. Dit laatste is in de niet-afgedekte huisplaatsen op 20 cm in de zomer niet het geval.

Vanzelfsprekend geeft de afdekfolie een goede bescherming tegen binnendringende wortels. Het is wel goed mogelijk dat de deklaag sneller uitgedroogd raakt, omdat de beworteling daar is geconcentreerd en er geen aanvulling van vocht uit de ondergrond kan plaatsvinden.

5.2 Maaien

Op vier huisplaatsen is het effect van maaien op de conservering van de huisplaatsen gemonitord. De verwachting bestond dat door maaien een andere vegetatie zou kunnen ontstaan. Ook zou de beworteling van het gras analoog aan wat in agrarisch grasland het geval is, door maaien ondieper worden. Als gevolg daarvan kan de bodem vochtiger blijven, waardoor de redoxpotential lager blijft. De natuurpercelen worden in de meeste gevallen slechts één keer per jaar gemaaid. Er zijn ook percelen waar het maaien weleens een jaar is overgeslagen. Ook de afstemming door vrij precies rondom de geplaatste hoge palen te maaien, is niet altijd opgevolgd. Het maaien wordt door de natuurbeheerders ook weer uitbesteed, waardoor de communicatie lastiger is. Figuur 43 laat een voorbeeld van maaien te zien waarbij het redelijk goed is gegaan.

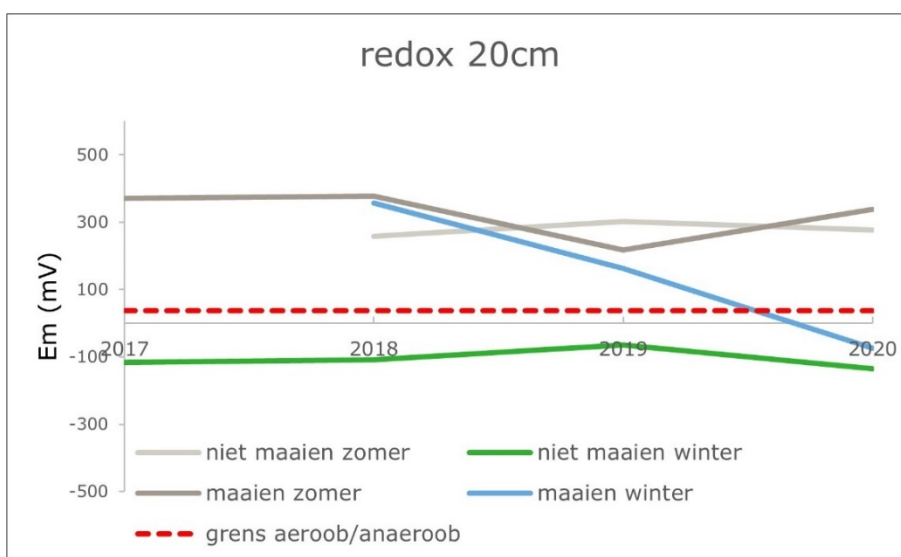


Figuur 43 Uitvoering van het maaien langs de meetplek op huisplaats 3.

Figuur 44 geeft de gemiddelde redoxpotentiaal op 20 cm diepte van huisplaatsen weer waarvan een gedeelte gemaaid is. Dit zijn de huisplaatsen PE21, PE54, 3 en 77. Figuur 44 laat zien dat de gemiddelde redoxpotentiaal op 20 cm diepte in de winter, zowel bij maaien als bij niet maaien, lager is dan in de zomer. Dat is volgens verwachting bij ondiepere wintergrondwaterstanden. In de winter blijft bij niet maaien de redoxwaarde onder de grenswaarde van +37 mV.

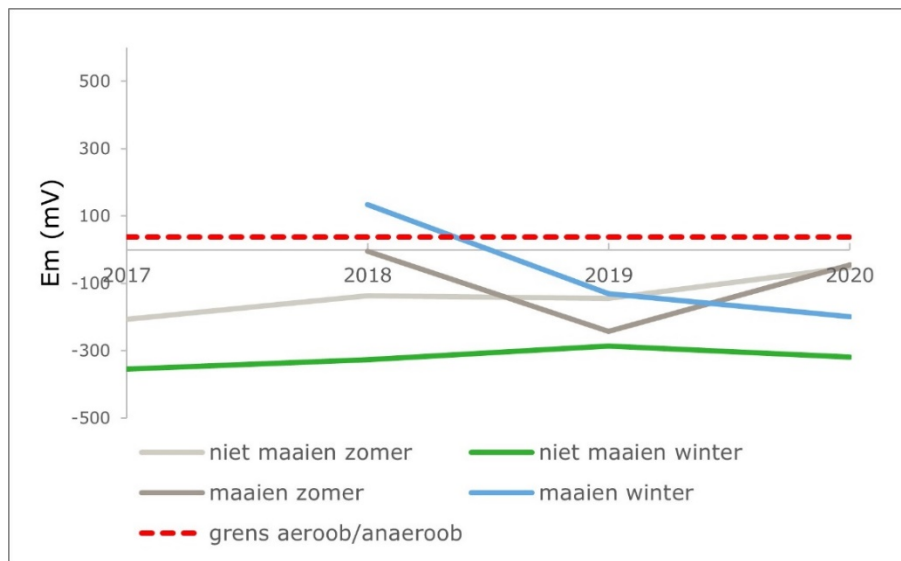
Bij maaien lijken de verschillen tussen zomer en winter minder groot dan bij niet maaien. De redoxwaarden lijken door maaien vooral in de winter wat hoger dan wanneer er niet gemaaid wordt, hoewel dat verschil in 2020 wel erg klein wordt.

Maaien lijkt dus in de winter een, weliswaar afnemend, nadelig effect te hebben op de daling van de redoxpotentiaal op 20 cm, maar in de zomer is er geen verschil.



Figuur 44 Redoxpotentiaal E_m op 20 cm diepte van huisplaatsen die deels gemaaid zijn.

Figuur 45 laat zien dat de redoxpotential op 60 cm diepte in de winter zowel bij maaien als bij niet maaien lager is dan in de zomer. Dit is wederom volgens verwachting, vanwege de ondiepere wintergrondwaterstanden. Bij maaien zijn de redoxwaarden vooral in de winter hoger dan bij niet maaien. Ook hier wordt het verschil in de loop van de tijd kleiner.



Figuur 45 Redoxpotential Em op 60 cm diepte van huisplaatsen die deels gemaaid zijn.

De verschillen tussen maaien en niet maaien zijn niet groot. Zowel op 20 cm als op 60 cm leidt maaien vooral in de winter tot wat hogere redoxwaarden dan niet maaien. De verschillen worden de laatste jaren wel steeds kleiner. De verschillen zijn in de orde van 100 mV. De oorzaak hiervan verwachten we bij de vegetatie. Na maaien probeert de vegetatie zich te herstellen, waarbij de groei extra gestimuleerd wordt. Dit leidt tot meer verdamping. Mogelijk speelt de verandering van soorten een rol. Op plaatsen met hoge grondwaterstanden komen bijvoorbeeld voornamelijk hygropyten voor. Hygropyten zijn soorten die zijn aangepast aan zuurstoftekorten in de bodem, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van luchtwoefsels (biezen, zeggen, Riet). Bovendien zijn hygropyten vaak bestand tegen voor planten toxische stoffen die ontstaan onder gereduceerde omstandigheden. Veel hygropyten kunnen zuurstof naar de wortels transporteren door middel van luchtwoefsels. Diffusie van zuurstof vanuit de wortels zorgt voor een toename van de redoxpotential rond de wortels (Mettrop et al., 2012).

Bij de analyse van de vegetatiegegevens is geen duidelijke tendens gevonden als gevolg van maaien. Alleen bij huisplaats 3 lijkt het aandeel hygropyten (planten met holle wortels) wat te zijn toegenomen. Bij andere huisplaatsen kon dat niet herkend worden. Het is ook de vraag of het vrij extensieve maaibeheer hier een grote verschuiving in de soortensamenstelling teweeg kan brengen. Het lijkt er wel op dat voor Riet en Grote vossenstaart een gunstig effect van het maaibeheer gevonden kan worden (zie Figuur 40).

5.3 Trends grondwater/redoxpotential en bedreigingen van de huisplaatsen

De eerste fase van de meerjarige monitoring heeft reeds aangetoond dat het grondwaterpeil in de Onlanden stijgt en dat redoxwaarden veelal een dalende trend lieten zien. Hierbij is geconcludeerd dat archeologische resten en grondsporen in de huisplaatsen in ieder geval grotere delen van het jaar onder water zullen staan (De Moor et al., 2018). Aan de hand van de resultaten van de huidige monitoring is het nu mogelijk om in meer detail de relatie tussen grondwater, redoxpotential en de vindplaatsen te bepalen en op basis daarvan uitspraken te doen over de conserveringscondities van huisplaatsen in de Onlanden. Tabel 10 geeft in tabelvorm de voornaamste conclusies van de tweede monitoring weer.

De tweede monitoring heeft duidelijk gemaakt dat de grondwaterstanden in grote lijnen licht stijgen en dat de redoxwaarden licht dalen. Daarbij is echter ook duidelijk geworden dat er aanzienlijke verschillen bestaan tussen de zomer en de winter. Voor het grootste deel van de gemonitorde huisplaatsen geldt dat de gemiddelde grondwaterstanden in de zomer (GLG) tientallen centimeters lager staan dan de gemiddelde grondwaterstanden in de winter (GHG). Uit vooral de ondiepe (20 cm -mv) redoxwaarden komt een vergelijkbaar beeld naar voren, waarbij in het bovenste deel van het bodemprofiel in de zomer aerobe (oxiderende) omstandigheden in de bodem voorkomen en in de winter anaerobe (reducerende) omstandigheden aanwezig zijn. Uit de redoxwaarden op groter diepte (60 cm -mv) blijkt dat dit verschil vaker aanmerkelijk kleiner is en er veelal gedurende het gehele jaar anaerobe omstandigheden aanwezig zijn. Hier zijn dan jaarrond reducerende omstandigheden.

Deze bevindingen geven aan dat condities in de Onlanden dus zeker nog niet stabiel zijn en dat aerobe condities gedurende een deel van het jaar nog een reële bedreiging vormen voor de huisplaatsen. Zuurstofrijke omstandigheden vormen met name een bedreiging voor archeologische lagen die rijk zijn aan organisch materiaal en voor diverse archeologische materialen, zoals houten voorwerpen, onverbrand bot en metalen.

Tabel 10 Overzicht metingen grondwater (GHG en GLG) en redoxpotentiaal en voornaamste bedreigingen gemonitorde huisplaatsen monitoringsfase 2.

Huisplaats	Grondwater	Redoxpotentiaal	Bedreigingen
3	<ul style="list-style-type: none"> GHG: stijgend sinds 2011, in top archeologisch pakket GLG: stijgend sinds 2011, in onderkant archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: dalend, zomer positief, winter negatief 60 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> Bioturbatie Verdroging Archeologisch pakket zomers in aerobe condities Mogelijk toename dieper wortelende soorten met holle wortels
19 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> GHG dalend na ophoging, in archeologisch pakket GLG licht stijgend na ophoging, in onderste deel archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: licht dalend, zomer positief, winter iets negatief 60 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> Bioturbatie Aantasting afdekking door uitdroging Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities Verdroging onder ophoging Door verdroging veel kale stukken: slechtere samenhang deklaag
23	<ul style="list-style-type: none"> GHG: stabiel en hoog, boven archeologisch pakket GLG: stabiel, onder archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief 60 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> Bioturbatie Archeologisch pakket zomers in aerobe condities
24 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> GHG dalend na ophoging, in top archeologisch pakket GLG stabiel na ophoging, in archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: zomer positief stabiel/iets stijgend en winter negatief en dalend 60 cm -MV: zomer positief stabiel en winter negatief en dalend 	<ul style="list-style-type: none"> Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities Verdroging onder ophoging Aantasting afdekking door uitdroging en bioturbatie Door verdroging veel kale stukken: slechtere samenhang deklaag
25 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> Geen grondwater metingen 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: stabiel/dalend, zomer en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> Aantasting afdekking door uitdroging en bioturbatie
37	<ul style="list-style-type: none"> GHG: licht stijgend, boven archeologisch pakket GLG: licht stijgend, onder archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm -MV: stabiel/ licht dalend, zomer positief en winter negatief 60 cm -MV: zeer licht stijgend, zomer rond 0 en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities

Huisplaats	Grondwater	Redoxpotentiaal	Bedreigingen
77	<ul style="list-style-type: none"> • GHG: licht stijgend, boven archeologisch pakket • GLG: licht stijgend, in archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 cm -MV: stabiel/ licht dalend, zomer positief en winter negatief • 60 cm -MV: dalend, zomer en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities • Vrij groot aandeel planten met holle wortels; lijkt door maaaien niet beïnvloed
84 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> • Geen grondwater metingen 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 cm -MV: stabiel/dalend, zomer en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> • Aantasting afdekking door uitdroging en bioturbatie
PE21	<ul style="list-style-type: none"> • GHG: licht dalend, boven archeologisch pakket • GLG: licht dalend, in archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 cm -MV: stabiel/ licht stijgend, zomer positief en winter negatief • 60 cm -MV: licht dalend, zomer en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities • Aandeel planten met holle wortels is beperkt, maar varieert
PE54	<ul style="list-style-type: none"> • GHG: licht stijgend, in archeologisch pakket • GLG: licht stijgend, onder archeologisch pakket 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 cm -MV: licht dalend, zomers erg hoog, winter iets negatief • 60 cm -MV: licht dalend, zomer en winter negatief 	<ul style="list-style-type: none"> • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities

Tijdens de eerste fase van de monitoring bleek al dat bedreigingen van de huisplaatsen ook van bovenaf kunnen komen. Uit vegetatiekarteringen bleek toen dat op meerdere huisplaatsen diep wortelende vegetatiesoorten voorkomen, die schade aan de archeologische resten kunnen toebrengen. Mede daarom is een deel van de huisplaatsen in de polder Matsloot-Roderwolde afgedekt met folie en opgebrachte grond, waardoor wortels niet tot diep in de bodem kunnen doordringen. Voor zover dit soorten met dichte wortels betreft, is de vernatting van het gebied een effectieve maatregel. Deze soorten kunnen niet dieper wortelen dan het GLG-niveau, omdat de wortels in het permanent met water verzadigde deel geen zuurstof kunnen opnemen. Dat ligt anders voor de soorten met holle wortels, zoals Riet.

Enkele van deze afgedekte huisplaatsen maken deel uit van de tweede monitoring, waarbij huisplaatsen 19 en 24 ook al deel uitmaakten van de eerste periode van monitoring. Resultaten van de tweede monitoring betreffende de afgedekte huisplaatsen 19 en 24 geven enkele opvallende zaken weer: de gemiddeld hoogste grondwaterstand is in tegenstelling tot niet-afgedekte huisplaatsen al enkele jaren aan het dalen, terwijl de gemiddeld laagste grondwaterstand een stabiel beeld laat zien. Redoxwaarden geven een wisselend beeld, maar het opvallendst is het beeld van de waarden van huisplaats 24 in de zomer. Mogelijk betreft het hier foute meetwaarden, maar mogelijk is er toch ook sprake van enige verdroging onder de folieafdekking. Wellicht ontstaat een verdroging doordat regenwater vanwege de folieafdekking niet meer in de bodem onder de afdekking kan binnendringen.

Uit het uitgevoerde onderzoek zijn meerdere bedreigingen van de huisplaatsen naar voren gekomen. De kwetsbaarheid van de huisplaatsen betreft niet alleen materialen en vondsten die gevoelig zijn voor degradatie, maar betreft ook de gehele huisplaatsen zelf en dan met name de morfologische verschijning van de huisplaatsen. Deze vormen liggen nu veelal iets hoger in het landschap en bestaan deels uit venige archeologische lagen die op een natuurlijk veenpakket liggen. Vooral de organische materialen zijn zeer gevoelig voor oxidatie. De meest voorkomende archeologische materialen zijn aardewerk en steen. Dit materiaal is over het algemeen matig tot redelijk geconserveerd en is minder gevoelig voor oxidatie dan organische materialen en metalen. Stabiele condities zijn echter wel sterk te prefereren.

Zoals hierboven reeds is aangegeven, is vegetatie een potentieel bedreigende factor voor het duurzaam behoud van de huisplaatsen (met uitzondering van de afgedekte huisplaatsen).

Wortels van vegetatie kunnen van grote invloed zijn op archeologische resten in de ondergrond. Dit kan in fysieke vorm zijn, waarbij vondsten en sporen beschadigd worden door wortels, maar ook in chemische vorm, waarbij door de wortels zuurstof dieper in de bodem wordt gebracht, zelfs tot onder de grondwaterspiegel. Het negatieve aspect van onder andere riet- en boomwortels op de conservering en het behoud van archeologische resten is door diverse onderzoekers vastgesteld (Darvill, 1986; Heunks, 1995; samengevat in Louwagie et al., 2005). Zowel grondsporen als archeologische vondsten worden als gevolg hiervan aangetast en degraderen (Heunks, 1995).

Het meeste gevaar lijkt te komen van Riet. Riet (*Phragmites australis*) is een soort die voor eigen zuurstof in de wortels zorgt en daarbij diep kan wortelen, waarbij wortelstokken tot mogelijk 2 meter diep in de waterbodem en onder het grondwater kunnen doordringen. Dit is voor de huisplaatsen in de Onlanden dus zeker een bedreiging, aangezien het niveau van 20-60 cm onder maaiveld de meeste archeologische waarden bevat. Riet is een erg agressieve plantensoort en kan daarbij veel met zijn wortels perforeren en archeologische objecten zoals hout aanzienlijk beschadigen (Willemse, 2020; Tjellidén et al., 2015). Daarnaast zorgt de diepe doorworteling ervoor dat zuurstof tot diep in de bodem kan binnendringen en daarbij schade aan archeologische objecten door oxidatie kan veroorzaken. In hoeverre de (vroegere) aanwezigheid van Riet in de Onlanden al voor beschadiging van veenterpen heeft gezorgd, valt niet te zeggen. Uit recent onderzoek van diverse natuurbeheerders blijkt dat in delen van de Onlanden Riet zich vanuit slootkanten zich inmiddels sterk aan het uitbreiden is en zijn er plaatselijk reeds grote oppervlakten aaneengesloten rietvegetatie ontstaan (Van Boekel et al., 2017).

Een specifiek maaibeheer kan uitgebreide vorming van rietlanden mogelijk tegengaan, maar daarbij bestaat ook meteen de kans dat inzet van zware machines voor het maaien ook voor beschadigingen van de huisplaatsen kan zorgen. Daarnaast dient in het geval van herbebossing van delen van de Onlanden goed te worden nagegaan of zich ter plekke van de herbebossing geen huisplaatsen in de ondergrond bevinden. Een andere bedreiging die natuurontwikkeling kan vormen, is het verwijderen van de bovengrond of het afplaggen. Hierbij is het mogelijk dat de bovenkant van een huisplaats dichter bij maaiveld komt te liggen, waardoor oxidatieprocessen, maar ook vertrapping door vee, grotere bedreigingen vormen.

Uit het onderzoek bleek dat voor veel huisplaatsen geldt dat vooral zomers in ieder geval de bovenste delen van de huisplaatsen boven het grondwater komen te liggen, met verdroging en oxidatie als gevolg. De droge zomers van de afgelopen jaren kunnen dan wellicht ook hun weerslag hebben op het behoud van de huisplaatsen. Het effect van verdroging lijkt ook zichtbaar bij afgedekte huisplaatsen. Bij een veldbezoek in de zomer van 2018 bleek op huisplaats 19 sprake van aanzienlijke scheurvorming in het pakket afdekkingsmateriaal (zie Figuur 46). Uit veldwaarnemingen bleek tevens dat op afgedekte huisplaatsen de dikte van het pakket opgebrachte materiaal afneemt. Vermoedelijk is hier sprake van aanzienlijke oxidatie van het sterk humeuze materiaal dat is opgebracht. Door de folielaag is feitelijk een dunne 'bodem' ontstaan die snel uitdroogt en veraardt. Hierdoor is ook de samenhang in de vegetatie minder, waardoor de grond minder goed wordt vastgehouden.



Figuur 46 Verdroging en scheurvorming in de afdekking van huisplaats 19.

6 Conclusies

In dit hoofdstuk beschrijven we de antwoorden op de onderzoeksvragen wat betreft de monitoring en plaatsen ze in de context van de hoofdvraag of de conserveringscondities in de Onlanden aan de eisen voldoen en wat het advies voor beheer is.

6.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen

1. *Is de redoxpotentiaal op de veenterpen blijvend laag zodat de conservering van veenterpen wat dat criterium betreft gewaarborgd is? Welke schommelingen en verschillen zijn er nog en wat is daarvan de mogelijke oorzaak? Hoe nauwkeurig zijn de continue redoxpotentiaalmetingen?*

Gedurende de winterperiode is de trend, weergegeven door het voortschrijdend gemiddelde van de redoxwaarden op 20 cm, nu negatief of in ieder geval ruim onder de grens van anaerobe omstandigheden. Ook op 60 cm is dat nu steeds het geval. In de zomerperiode zijn de redoxwaarden op de afgedekte huisplaatsen nu ook meestal negatief (behalve huisplaats 19), maar voor de niet-afgedekte huisplaatsen geldt dat niet. Daar zijn bij vijf van de zes huisplaatsen redoxwaarden hoger dan (Em) 37 mV en bestaan er aerobe omstandigheden. Door de hogere grondwaterstanden zijn redoxwaarden wel gedaald. De continue redoxpotentiaalmetingen blijken bij kalibratie met handmetingen nauwkeurige meetwaarden te geven.

2. *Veranderen de pH, de pH-buffering en organischestofvoorraad en daarmee de kwaliteit van de conservering van de veenterpen door de herinrichting?*

De pH-KCl van de bovenste bodemlaag is gedurende de monitoring weinig veranderd. De pH van de bodem is gemiddeld 3.8. Bij de afgedekte huisplaatsen veranderde de pH wel sterk, maar dat komt doordat na 2012 het afdek materiaal is bemonsterd.

Datzelfde geldt voor het organischestofgehalte. Het gebruikte materiaal van de afdeklaag is ook erg venig (20-60% organische stof). Dat maakt het wel kwetsbaar. Het gehalte aan organische stof van het hele bodemprofiel varieert door de jaren heen wel wat, maar er is geen duidelijke trend naar een lager organischestofgehalte als gevolg van veenoxidatie. De variaties komen vooral doordat de bemonsteringsplek steeds wat varieert en mogelijk door wat veranderingen aan de oppervlakte door bioturbatie.

3. *Welke invloed heeft de ingezette vegetatieverandering en daarmee gepaard gaand de mogelijk veranderde doorworteling op de redoxpotentiaal van de bodem? Wat is het effect van maaien hierbij?*

Het maaien van gedeelten van huisplaatsen om te onderzoeken of dat een effect heeft op de redoxpotentiaal in de bodem was moeilijk precies af te stemmen op het beheer. Er zijn geen grote verschillen tussen de redoxwaarden van gemaaide of niet-gemaaide gedeelten van huisplaatsen gevonden. Maaien lijkt in de winter een klein nadelig effect op de daling van de redoxpotentiaal op 20 cm te hebben. De redoxpotentiaal was daar vaker boven de aerobe waarde. Ook op 60 cm zijn de redoxwaarden door maaien vooral in de winter hoger dan bij niet maaien, maar ze waren wel negatief. Het verschil wordt in de loop van de jaren kleiner. Een verklaring daarvoor is lastig, maar mogelijk speelt een rol dat de vegetatie korter is en in de winter langer doorgroeit, omdat het beter bestand is tegen lage temperatuur.

Voor zover dit soorten met dichte wortels betreft, is de vernatting van het gebied een effectieve maatregel. Deze soorten kunnen niet dieper wortelen dan het GLG-niveau, omdat de wortels in het permanent met water verzadigde deel geen zuurstof kunnen opnemen. Dat ligt anders voor de soorten met holle wortels, zoals Riet.

4. *Wat gebeurt er met de hoogte van de afgedekte veenterpen door mogelijk extra zetting?*

Na 2014 zijn de maaiveldhoogten van niet-afgedekte huisplaatsen gemiddeld met 32 mm gedaald. De daling was de eerste jaren na 2014 nog 7 mm per jaar en na 2018 slechts 3 mm/jaar. Door de hogere grondwaterstanden stagneert de veenoxidatie en daarmee de maaiveldaling.

Op de afgedekte huisplaatsen daalt de maaiveldhoogte sneller dan op de niet-afgedekte huisplaatsen; de daling is zelfs drie keer zo groot. Ook is duidelijk geworden dat de oorzaak daarvan niet in de zakking van de huisplaats als gevolg van de grotere massa moet worden gezocht, maar in de aantasting van de afdeklaag. De totale daling van de maaiveldhoogte van 10,7 cm kwam overeen met de afname van de deklaag van 10-12 cm tussen 2014 en 2020. Deels door actieve fauna (holen en molshopen), deels door mechanische oorzaken en uitdroging van de vegetatie (de dunne deklaag kan in de zomer snel uitdrogen) komt er grond kaal te liggen.

5. *Heeft de afdekking van veenterpen met afdek materiaal en een ophooglaag een blijvend gunstig effect op de redoxpotential? Wat is het algehele effect van de fysieke bescherming op de conservering van de veenterpen?*

Op zowel 20 als op 60 cm is bij afgedekte huisplaatsen een dalende trend naar een negatieve redoxpotential in winter en zomer zichtbaar. In de zomer hebben niet-afgedekte huisplaatsen op 20 cm gemiddeld een positieve redoxpotential die in de aerobe zone ligt. Dat betekent dat aerobe afbraakprocessen daar dan wel actief zijn. Afdekken heeft daarmee vooral voor de zomerperiode in het ondiepe deel (tot 20 cm) een nuttige waarde.

6. *Welke rol speelt de grondwaterkwaliteit op de conservering van de veenterpen?*

We constateren uit een eenmalige bemonstering van het grondwater dat de grondwaterkwaliteit van de afgedekte huisplaatsen wat afwijkt van de niet-afgedekte huisplaatsen. Het opgeloste zuurstofgehalte in de bovenste 50 cm grondwater is lager bij de afgedekte huisplaatsen. De alkaliniteit is wat hoger, mogelijk door aanvoer van carbonaten via kwel. Dat is gunstig voor de pH-buffering. Hoewel enkele gehalten van oxidatoren onder de afgedekte huisplaatsen wat hoger zijn, verschillen de redoxwaarden nauwelijks. Het blijkt dat de grondwaterkwaliteit wat afwijkt, mogelijk veroorzaakt door de wat meer geïsoleerde situatie onder de afgedekte huisplaatsen. Voor de conservering van de huisplaatsen speelt dit geen grote rol. De daling van de redoxwaarden geeft de belangrijkste indicatie voor de verbetering ervan.

6.2 Beheeradvies huisplaatsen Onlanden – inpassing archeologie voor optimalisatie Onlanden

De tijdens dit onderzoek verkregen informatie over de in de huisplaatsen aanwezige archeologische vondsten en materialen vormt samen met de nieuwe meetreeksen van onder andere grondwater en redoxpotential de basis voor de beoordeling van toekomstig behoud in situ van huisplaatsen in de Onlanden. Met deze gegevens is duidelijk geworden wat de stand van zaken is met betrekking tot conserveringscondities en bedreigingen van de huisplaatsen. Hierbij is tevens beoordeeld in hoeverre er sprake is van optimale conserveringscondities (cf. Kars & Smit, 2003). Op basis van de verkregen gegevens is een eenvoudige classificatie van de conserveringscondities opgesteld, die gebruikt kan worden voor het opstellen van een beheeradvies per huisplaats en voor de Onlanden in het algemeen (zie Tabel 11).

Tabel 11 Overzicht bedreigingen, conserveringscondities en beheeradvies per huisplaats.

Huisplaats	Bedreigingen	Classificatie Conserverings- condities ¹	Beheeradvies
3	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbatie • Verdroging • Archeologisch pakket zomers in aerobe condities • Mogelijk toename dieper wortelende soorten met holle wortels 	2	<ul style="list-style-type: none"> • Beperk aerobe periode in zomer door verhoging zomerpeil • Gericht beheer tegen groei Riet en bomen
19 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbatie • Aantasting afdekking door uitdroging • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities • Verdroging onder ophoging • Door verdroging veel kale stukken: slechtere samenhang deklaag 	2/3, echter wel afgedekt en beschermd tegen doorworteling	<ul style="list-style-type: none"> • Voorkom oxidatieophoging • Voorkom verdroging onder ophoging
23	<ul style="list-style-type: none"> • Bioturbatie • Aerobe condities archeologisch pakket in zomer 	1/2	<ul style="list-style-type: none"> • Beperk aerobe periode in zomer door verhoging zomerpeil • Gericht beheer tegen groei Riet en bomen
24 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities • Verdroging onder ophoging • Aantasting afdekking door uitdroging en bioturbatie • Door verdroging veel kale stukken: slechtere samenhang deklaag 	2	<ul style="list-style-type: none"> • Voorkom oxidatieophoging • Voorkom verdroging onder ophoging
25 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> • Aantasting afdekking door uitdroging en bioturbatie 	1 (op basis van alleen redoxwaarden)	<ul style="list-style-type: none"> • Houd redoxcondities gelijk • Voorkom oxidatieophoging
37	<ul style="list-style-type: none"> • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities 	2	<ul style="list-style-type: none"> • Beperk aerobe periode in zomer door verhoging zomerpeil • Gericht beheer tegen groei Riet en bomen
77	<ul style="list-style-type: none"> • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities • Vrij groot aandeel planten met holle wortels; lijkt door maaien niet beïnvloed 	2	<ul style="list-style-type: none"> • Beperk aerobe periode in zomer door verhoging zomerpeil • Gericht beheer tegen groei Riet en bomen
84 (afgedekt)	<ul style="list-style-type: none"> • Aantasting afdekking door uitdroging en bioturbatie 	1 (op basis van alleen redoxwaarden)	<ul style="list-style-type: none"> • Houd redoxcondities gelijk • Voorkom oxidatieophoging
PE21	<ul style="list-style-type: none"> • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities • Aandeel planten met holle wortels is beperkt, maar varieert 	2	<ul style="list-style-type: none"> • Beperk aerobe periode in zomer door verhoging zomerpeil • Gericht beheer tegen groei Riet en bomen
PE54	<ul style="list-style-type: none"> • Deel archeologisch pakket zomers in aerobe condities 	2	<ul style="list-style-type: none"> • Beperk aerobe periode in zomer door verhoging zomerpeil • Gericht beheer tegen groei Riet en bomen

¹ 1: Zowel in zomer als winter archeologisch pakket geheel in anaerobe condities.

2: In winter archeologisch pakket grotendeels in anaerobe condities, in zomer in aerobe condities.

3: Zowel in zomer als winter archeologisch pakket geheel in aerobe condities.

In Tabel 11 zijn beheeradviezen per huisplaats opgenomen. Deze beheeradviezen gelden vermoedelijk ook voor het overgrote deel van de andere in de Onlanden aanwezige huisplaatsen, waarbij het te hanteren beleid qua archeologie gebaseerd moet zijn op het creëren en handhaven van zo veel mogelijk stabiele, natte en iets zure condities, aangevuld met een vegetatieontwikkeling die vooral gericht is op ondiep wortelende soorten (dus geen Riet en bomen).

Wat betreft het afdekken adviseren we om bij voorkeur geen gebruik te maken van los, organisch materiaal. Op de afdekfolie is een organische (veen)laag vrij kwetsbaar voor verdroging, oxidatie, bioturbatie en fysieke verplaatsing, zeker als er een duidelijk hoogteverschil met de omgeving bestaat. We bevelen aan om de gebruikte afdeklaag tegen deze processen te beschermen.

De afdekking van bolle vormen van archeologisch waardevolle plekken zou bij voorkeur zo vlak mogelijk moeten worden uitgevoerd om de helling zo vlak en lang mogelijk te maken. Daarvoor zou de vorm eerst wat uitgevlakt moeten worden met extra grond van elders. Door de wat vlakkere vorm kan grondwaterstroming zeker bij verhoging van het waterpeil wat natuurlijker haar weg volgen en kan daarmee ook de gasuitwisseling worden bevorderd. Dat betekent dat er sneller meer verzadigde omstandigheden onder de afdekking kunnen worden gecreëerd.

Maaien van huisplaatsen die begroeid zijn met diep wortelende soorten (met holle wortels) Riet of Grote vossenstaart kan uitbreiding van deze soorten en fysieke schade helpen voorkomen.

7 Aanbevelingen

7.1 Beleid

De Onlanden is een van de weinige gebieden in Nederland waar een jarenlange archeologische monitoring is uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de effecten van omgevingsveranderingen op de conservering en kwaliteit van de in het gebied aanwezige bijzondere huisplaatsen en om inzicht te krijgen in de mate van effectiviteit van genomen fysieke maatregelen ter bescherming van de archeologisch waardevolle huisplaatsen (afdekking van huisplaatsen, maaibeheer). Tevens is door middel van een nulmeting inzicht verkregen in de condities van de archeologische materialen voordat de herinrichting van het gebied heeft plaatsgevonden.

De huisplaatsen die in de Peizer- en Eeldermaden liggen, maken voor een groot deel onderdeel uit van AMK-terrein 10280 (beschermd terrein van zeer hoge waarde) en vormen tevens een Archeologisch Rijksmonument (nr. 529965). Opvallend is dat huisplaats PE54 net buiten dit gebied valt.

Een groot deel van de huisplaatsen in de polder Matsloot-Roderwolde maakt eveneens deel uit van een AMK-terrein. Daarnaast zijn de polder Matsloot-Roderwolde en Peizer- en Eeldermaden door de provincie Drenthe aangeduid als provinciale archeologische kernkwaliteit en zijn alle bekende huisplaatsen beschermd via het gemeentelijk beleid.

In het gebied spelen meerdere belangen, waar behoud van archeologische waarden er een van is. Deze verschillende belangen kunnen conflicteren: zo kan de gewenste vernatting van het gebied positief zijn voor in-situbehoud en conservering van de huisplaatsen en kan juist een verandering van vegetatie waarbij het aantal rietlanden toeneemt, negatief werken, met name vanwege de diepe wortels van Riet. In de recentelijk opgestelde notitie met betrekking tot optimalisatie van de Onlanden ligt de focus vrij sterk op de natuurwaarden en de waterberging (Anteagroup, 2020). Uit het grootschalige archeologisch onderzoek van de huisplaatsen (gepubliceerd in Nicolay et al., 2018) is echter gebleken dat het cultuurlandschap van de Onlanden van internationale betekenis is. Daarmee is aangetoond dat een eenzijdige insteek gericht op natuurwaarden en waterberging voor De Onlanden niet meer te verantwoorden is.

Bij toekomstig beheer en behoud van de archeologisch en landschappelijk gezien waardevolle huisplaatsen gaat het in ieder geval niet alleen om het behoud van de 'vorm', maar ook van de 'inhoud' van de huisplaatsen. Daarbij zullen soms keuzes gemaakt moeten worden op het gebied van beheer- en inrichtingsmaatregelen, want een goede in-situconservering van vorm en inhoud van archeologisch waarden, gecombineerd met bijvoorbeeld natuurontwikkeling, zal niet altijd mogelijk zijn.

Ten slotte dient nog vermeld te worden dat vanwege de verschillende belangen die in het gebied spelen, de kans bestaat dat behoud van archeologische waarden weinig prioriteit krijgt. Er geldt echter een wettelijke verplichting (de bescherming van de huisplaatsen in De Onlanden ligt verankerd in het gemeentelijk archeologiebeleid van Noordenveld en Tynaarlo en in de provinciale Omgevingsvisie en -verordening, alsook in de rijksmonumentale status van een groep huisplaatsen in de Peizermaden) om op een juiste manier zorg te dragen voor duurzaam in-situbehoud. Daarnaast kan de aanwezigheid van de archeologische monumenten in het gebied een meerwaarde bieden voor bezoekers en kan op informatiepanelen langs bijvoorbeeld fiets- en wandelroutes informatie worden gegeven over de bijzondere archeologische waarden in het gebied.

7.2 Met het oog op morgen: lessen vanuit de uitgevoerde monitoring en inspiratie vanuit het buitenland

Het monitoringsonderzoek zoals dat de afgelopen jaren in de Onlanden is uitgevoerd, is een zeer waardevol project gebleken. Het onderzoek heeft duidelijk gemaakt hoe complex, maar ook hoe noodzakelijk een doelgericht, duurzaam en actief beheer en behoud van archeologische monumenten is. Deze noodzaak is ook erkend door de Rijksdienst voor het Cultureel Onderzoek (RCE) in de vorm van een meerjarig onderzoeksprogramma voor het in stand houden van archeologische monumenten. Tegelijkertijd is ook gebleken dat een monitoring van archeologische monumenten vooral logistiek een complex en daardoor kostbaar proces kan zijn; voor het verzamelen van data ben je immers afhankelijk van storingsgevoelige meetapparatuur. Het verdient dan ook aanbeveling om voor toekomstige monitoringsprojecten ervaring op te doen met onderzoeken naar condities van (kwetsbare) houten funderingen.

Bij het uitgevoerde onderzoek is enig inzicht verkregen in de effecten van vegetatiebeheer (maaibeheer) op de bodemcondities. De verkregen meetreeksen zijn echter te kort om hieruit al verregaande conclusies te verbinden. Voor de effectiviteit van afdekking op de conserveringscondities bestaat eveneens nog onvoldoende duidelijkheid. Wel kan vanuit het onderzoek geconcludeerd worden dat met het verkrijgen van langjarige reeksen van grondwaterstanden en redoxwaarden een goed en bruikbaar beeld verkregen kan worden van de conserveringscondities van vindplaatsen. Initiële conserveringscondities van archeologische materialen dienen verkregen te worden vanuit een nulmeting, aangevuld met gegevens over de aard en diepteligging van de vindplaatsen.

In Nederland staat archeologische monitoring van in situ behouden vindplaatsen feitelijk nog in de kinderschoenen. Engeland bijvoorbeeld en vooral Noorwegen daarentegen, schonken de laatste jaren veel aandacht aan in-situbehoud van cultureel erfgoed, waarbij onder andere uitgebreid is onderzocht welke factoren zorgen voor behoud en/of degradatie van de archeologische resten. Het gaat hierbij zowel om stedelijke contexten (Bryggen/Bergen; De Beer, 2019) als om landelijke situaties (huisterpen (farm mounds) verspreid over Noorwegen (Martens, 2016)).

De huisterpen (huizen bestonden uit turfplaggen en hout) bevatten veelal diverse archeologische materiaalgroepen. Na documentatie van archeologie (en bemonstering voor pollen, macrobotanie en geochemie) is vervolgens een meerjarige monitoring opgezet waarbij temperatuur, bodemvocht en redoxpotentiaal worden gemeten. Oxidatie is de belangrijkste factor die zorgt voor degradatie van de terpen/archeologie. Voor een deel laten meetgegevens van huisplaatsen vergelijkbare beelden zien als de Onlanden, met wisselende conserveringscondities, die voor sommige materiaalcategorieën beter zijn dan voor andere.

Interessant aspect bij de monitoring van huisplaatsen in het zuiden van Noorwegen is dat het onderzoek zich specifiek richtte op de onverzadigde zone in de bodem, dus boven het grondwater (Martens, 2016). Hier is bewust voor gekozen, omdat in Noorwegen de meeste archeologisch resten buiten stedelijke contexten opgeslagen liggen in deze zones van de bodem (een situatie die ook voor flinke delen van Nederland geldt).

Het onderzoek in de historische binnenstad van Bergen (Bryggen) richtte zich juist vooral op de organische archeologische resten die zich in een waterverzadigde context bevinden (De Beer, 2019). Bij dit onderzoek lag veel nadruk op de kennis en het begrip van de waterbalans, die fundamenteel belangrijk is voor de conserveringscondities van (organische) archeologische materialen in zowel de verzadigde als de onverzadigde zones van de bodem.

In beide situaties is ook met name aandacht besteed aan de mogelijke effecten van klimaatverandering op het in-situbehoud van archeologische sites. Beide studies zijn daarnaast ook uitstekende voorbeelden van hoe een archeologische monitoring en de studie naar conservering van archeologische materialen uitgevoerd zou moeten worden, gebruikmakend van de (uitgebreide) eisen van de Noorse dienst voor cultureel erfgoed (NIKU).

Voor toekomstige monitoringsprojecten wordt dan ook aanbevolen om kennis te nemen van de ervaring die buitenlandse instanties en onderzoekers met dergelijke projecten hebben, zodat nieuwe monitoringsprojecten in Nederland naar een hoger niveau getild kunnen worden, waarbij voor zowel wetenschappers als bestuurders duidelijk wordt dat duurzaam behoud in situ van waardevolle archeologische resten een veel beter initiatief is dan het volledig opgraven van ons cultureel erfgoed. En wellicht zijn we ons op dit moment in Nederland nog onvoldoende bewust van een dergelijke omgang met ons cultureel erfgoed.

Literatuur

- Beer, J. de, 2019. In situ preservation and management of waterlogged urban archaeological sites: Strategies based on the case Bryggen in Bergen, Norway. PhD Thesis Vrije Universiteit Amsterdam.
- Boekel, W. van, R. Blaauw, J. de Bruin, R. Oosterhuis & B. Zoer, 2017. Natuurgebied De Onlanden, vijf jaar na de vloed. *De levende natuur* 118, 6-13.
- Bosma, K., 2018. Handgevormd en gedraaid aardewerk: variatie en chronologie. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). *Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied*. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Collins, M.J., J. Hiller, C. I. Smith, J. P. Roberts, R. V. Prigodich, T. J. Wess, J. Csapò, A. R. Millard & G. Turner-Walker, 2002. The survival of organic matter in bone: a review. *Archaeometry* 3, 383-394.
- Darvill, T., 1986. *Upland archaeology: what future for the past?* London.
- Groot, W.J.M. de, H.P.J. Huiskes & J.R. Mulder, 2014. Monitoring Huisplaatsen. Effectmonitoring van waterberging in herinrichting Matsloot-Roderwolde en Peizer- & Eeldermeden, 2009-2014. Alterra-rapport 2594. Wageningen.
- Hennekens, Stephan M. & Schaminée, Joop H.J. (2001). "TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data." *Journal of Vegetation Science* 12: 589-591.
- Heunks, E., 1995. Bedreigingen van het bodemarchief door landbouwkundige bodemtechnische ingrepen: een oriëntatie. RAAP-rapport 100, Amsterdam.
- Houthuesen, Y., 2009. Veenterpen waterberging Roden-Norg-Peize. Onderzoek naar mogelijkheden voor in situ behoud. Grontmij, 10 november 2009.
- Houthuesen, Y., 2011. Evaluatie proefvak folieafdichting; onderzoek naar de mogelijkheden voor bescherming van veenterpen in de waterberging Roden-Norg-Peize. Grontmij-rapport. Assen.
- Houthuesen, Y., 2013. Folieafdekking huisplaatsen 'De Onlanden'. Grontmij-besteknr. GM276799-3. De Bilt.
- Huisman, D.J., 2009. Degradation of archaeological remains. Staatsdrukkerij, Den Haag.
- Kars, H. & A. Smit (red.), 2003. Handleiding fysiek behoud archeologisch erfgoed. *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies* 1. Amsterdam.
- Lange, S., 2018. Gekapt, gesneden en gedraaid: het hout van de huisplaatsen. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). *Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied*. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Louwagie, G., Noens, G. & Y. Devos, 2005. Onderzoek van het bodemmilieu in functie van het fysisch-chemisch kwantificeren van de effecten van grondgebruik en beheer op archeologische bodemsporen in Vlaanderen. Eindrapport Vlaamse Landmaatschappij). Gent.
- Mars, A. & W. van der Sanden, 2018. De polder Matsloot-Roderwolde in De Onlanden: een onderschat archeologisch dossier. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). *Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied*. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Martens, V.V., 2016. Preserving Rural Settlement Sites in Norway? Investigations of Archaeological Deposits in a Changing Climate. PhD Thesis Vrije Universiteit Amsterdam.
- Mettrop, I.S., R. Loeb, L.P.M. Lamers, A.M. Kooijman, D.G. Cirkel, N.G. Jaarsma, 2012. Een meer natuurlijk peilbeheer: relaties tussen geohydrologie, ecosysteem-dynamiek en Natura 2000, *Rapportage Fase 1: Een kennisoverzicht op verschillende schaalniveaus voor het Nederlands laagveen- en zeekleigebied, rapport nr. 2012/OBN165-LZ, Den Haag*
- Moor, J.J.W. de, W. de Groot, R. Huiskes, M. Knotters & E.A.K. Kars, 2017. Veenterpen in de Onlanden - provincie Drenthe. Een analyse van een meerjarig archeologisch monitoringsprogramma van veenterpen in de polders Matsloot-Roderwolde en Peizer- & Eeldermeden. *EARTH Integrated Archaeology Rapporten* 69, Amersfoort.
- Moor, J. de, E. Kars & W. de Groot, 2018. Archeologische monitoring van huisplaatsen in de Onlanden. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). *Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied*. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.

- Nicolay, J., 2018. Metaal uit veen en klei: sier- en gebruiksvoorwerpen van een boerengemeenschap. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Nicolay, J. & H. Huisman, 2018. Eerst malen, slijpen en koken, dan vergruizen. De samenstelling en functie van natuursteen op de huisplaatsen. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Oortmerssen, G. van, 2018. IJzers in het zuur. Bodemcondities in relatie tot verval en behoud van archeologische bodemvondsten. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Prummel, W., 2018. De dierlijke resten: veeteelt in de late middeleeuwen en Nieuwe tijd. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Schepers, M., 2008. Een archeologische inventarisatie van de staat van huisplaatsen in de polders Matsloot-Roderwolde én de Peizer en Eeldermeden, gemeente Noordenveld (Dr.). ARC-publicaties 196. Groningen.
- Schepers, M., 2018. Lijnzaadpap na het hooien: vegetatie, landgebruik en plantgebruik tijdens de late middeleeuwen en Nieuwe tijd. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Schaminée, J.H.J., Stortelder, A.H.F. & Westhof, V., 1995. De Vegetatie van Nederland; Deel 1. Inleiding tot de plantensociologie - grondslagen, methoden en toepassingen. Uppsala/Leiden, Opuluspress.
- SIKB, 2018. Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie, versie 4.1. Gouda.
- Smit, A., R.M. van Heeringen & E.M. Theunissen, 2006. Standaard Archeologische Monitoring (SAM) - Richtlijnen voor het non-destructief beschrijven en volgen van de fysieke kwaliteit van archeologische vindplaatsen. Gouda.
- Tjellén, A.K.E., S.M. Kristiansen, H. Matthiesen & O. Pedersen, 2015. Impact of roots and rhizomes on wetland archaeology: a review. Conservation and management of archaeological sites 17, 370-391.
- Verplanke, P., 2018. Schoenen van leer en een bundel dierlijk haar. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Vilsteren, V. van, 2018. Een scherf met textiel –dat hoort toch niet? In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Vissers, M.J., S. van Asselen & J.J. Hekman, 2014. Programma Kennisontwikkeling Archeologie Hanzelijn. Thema 2 A: veranderingen in de waterhuishouding gerelateerd aan bodemeigenschappen en de gevolgen daarvan voor de conservering van afgedekte archeologische vindplaatsen in Flevoland. Grontmij Archeologische Rapporten 1314. De Bilt.
- Vorenhout, M., 2008. Huisplaatsen Matsloot-Roderwolde en Peizer en Eeldermeden: beperkte nulmeting en advies voor monitoring. IGBA-Rapport 2008-06. Amsterdam.
- Weiner, S., 2010. Microarchaeology. Beyond the Visible Archaeological Record. Cambridge University Press, Cambridge UK, 396 pp.
- Willemse, N.W., 2020. Beschermde maar kwetsbaar - Fysieke bedreigingen van archeologische rijksmonumenten en maatregelen om ze te behouden. Nederlandse Archeologische Rapporten 67, Amersfoort.
- Zanten, S. van, 2018. Aanwijzingen voor hernieuwde bewoning vanaf de late 15e eeuw: post-middeleeuwsaardewerk en glas. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.
- Zanten, S. van, 2018. Aanwijzingen voor hernieuwde bewoning vanaf de late 15e eeuw: post-middeleeuwsaardewerk en glas. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing.

Zanten, S. van, & D. Postma, 2018. Bouwmateriaal van de huisplaatsen: wonen in de late middeleeuwen en Nieuwe tijd. In: Nicolay, J. (Ed.) (2018). Huisplaatsen in De Onlanden: De geschiedenis van een Drents veenweidegebied. Groningen Archaeological Studies; Vol. 34. Barkhuis Publishing

Bijlage 1 Kenmerken bodem en archeologie huisplaatsen

In deze bijlage is per gemonitorde huisplaats een overzicht van de belangrijkste gegevens betreffende bodem en archeologie opgenomen. Deze informatie is grotendeels afkomstig uit Nicolay 2018, deel III (catalogus).

Huisplaats 3: Monumentnummer 2007, terrein van zeer hoge archeologische waarde

De vorm van deze huisplaats is ovaal tot rechthoekig en de grootte is ongeveer 25 x 24 meter. De bovenkant van de huisplaats ligt op 0,47 m -NAP.

De top van het pleistocene oppervlak ligt op 2,97 m -NAP en bestaat uit dekzand. In de top van het dekzand is een podzolbodem ontwikkeld. Op het dekzand ligt een pakket detritus-gyttja, dat wordt afgedekt door een dun kleibandje. Hierop ligt een veenpakket dat uit veenmosveen, zeggeveen en donkerbruin, mineraalarm veen bestaat. De top van het veen ligt op 1,12 m -NAP en bevat krimpscheuren, deze is betreden.

Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats 3 betreft bouw materiaal, aardewerk, metaal, metaalslak en steen. Daarnaast zijn komfoorfragmenten aangetroffen. De huisplaats is sterk aangetast door bioturbatie (onder andere mollen). Het archeologisch pakket bestaat uit **een** betredingshorizont van sterk kleilig veen met ingetrapt kleibrokjes met daarop twee ophogingslagen. Deze bestaan uit een laag sterk kleilig veen met kleibrokjes met daarboven een laag matig tot zeer zandige klei met ijzervlekken. Er zijn resten van twee mogelijke vloerniveaus aanwezig, deels aangetast door bioturbatie. De dikte van het archeologisch pakket bedraagt 35 cm.

Huisplaats 19 (afgedekt): Monumentnummer 2008, terrein van zeer hoge archeologische waarde

De vorm van deze huisplaats is ovaal en de grootte is ongeveer 37 x 30 meter. De bovenkant van de huisplaats ligt op 0,05 m -NAP.

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op 2,89 m -NAP en bestaat uit dekzand. In het dekzand is een podzolbodem ontwikkeld, waarvan een deel van de Ah-horizont nog aanwezig is. Op het dekzand ligt een 0,65 m dik pakket detritus-gyttja, met daarin op 2,39 m -NAP een 1 cm dik kleibandje. Op deze organische meerafzettingen ligt zeggeveen. Op het zeggeveen ligt een tweede, dunner bandje detritusgyttja, gevolgd door heideveen. De top van het veen ligt op 1,13 m -NAP. Plaatselijk is de top van het veenpakket vertrapt.

Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats 19 betreft bouw materiaal, aardewerk, bot en steen. Daarnaast zijn komfoorfragmenten en resten van een haard aangetroffen. Ook zijn brandlagen aangetroffen. De huisplaats is enigszins aangetast door mollengangen. Het archeologisch pakket bestaat uit een basis van een tot 35 cm dikke laag van sterk vertrapt veen met daarin een kleine greppel of kuil. Het betredingsniveau bestaat uit veraard veen, waarin veel ingetrapt kleibrokken voorkomen. Dit niveau is met een natuurlijke laag klei afgedekt en hierop zijn hierop twee ophogingslagen van veen met klei- en veenbrokjes aangebracht. Op dit ophogingspakket liggen achtereenvolgens een slechts deels bewaard gebleven vloerniveau van zwak siltige en humeuze klei (dikte max. 6 cm), een woonniveau, een opnieuw slechts deels bewaard gebleven vloerniveau van leem (dikte max. 4 cm) en een tweede woonniveau van zwak siltige klei. De woonniveaus zijn vuil en bevatten stukjes houtskool en verbrande klei. De dikte van het archeologisch pakket bedraagt 80 cm.

Huisplaats 23: monumentnummer 8721, terrein van hoge archeologische waarde

De vorm van deze huisplaats is ovaal en de grootte is ongeveer 27 x 25 meter. De bovenkant van de huisplaats ligt op 0,70 m -NAP.

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op -4,21 m -NAP en bestaat uit dekzand. De top van het dekzand is humeus (Ah-horizont). Op het dekzand ligt een 0,93 m dik pakket veenmosveen, wollegrasveen en heideveen, gevolgd door een met Riet doorwortelde kleilaag. Op de kleilaag ligt een veenpakket, dat van onder naar boven uit rietveen, zeggeveen, veenmosveen en heideveen bestaat. De top van het veen ligt op 1,02 m -NAP en bestaat uit vertrapt veen met kleibrokken op veraard veen.

Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats 23 betreft aardewerk, metaal en slak. De huisplaats is enigszins aangetast door mollengangen. Het archeologisch pakket bestaat uit een betredingshorizont van zwak kleilig veen met ingetrapte kleibrokjes met daarop een vloerniveau, bestaande uit een enkele laag leemslaggen. De vloer is aangeploegd en daardoor deels verdwenen. De dikte van het archeologisch pakket bedraagt 8 cm.

Huisplaats 24

De vorm van deze huisplaats is ovaal en de grootte is ongeveer 27 x 16 meter. De bovenkant van de huisplaats ligt op 0,62 m -NAP.

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op 4,35 m -NAP en bestaat uit dekzand. Op het dekzand ligt een veenpakket, dat hoofdzakelijk uit veenmosveen en wollegrasveen bestaat. In de top van het veen komt een laag zeggeveen met Riet en verbrande plantenresten voor. Op het veenpakket ligt een laag sterk kleilig rietveen, gevolgd door zeggeveen, veenmosveen en heideveen. De top van het veen ligt op 1,84 m -NAP.

Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats 24 betreft bouw materiaal, hout (houten wagenwiel) en aardewerk. Het archeologisch pakket bestaat uit een pakket ophogingslagen. Op de vergraven top van het veen ligt een laag zwak siltige klei. Hierop ligt een laag veen met kleibrokken. Ter versteviging is tegen de vermoedelijke buitenzijde van het huispodium een laag zwak siltige kleibrokken aangebracht, waarop een dikke ophogingslaag van zwak kleilig veen met kleibrokken ligt. Een tweede verstevigingslaag van zwak siltige klei is opnieuw aan de noordzijde aangebracht, waarna het podium met een dikker pakket van zwak siltige klei is opgehoogd. De bovenste ophogingslaag bevat lichtere kleibrokken en enkele stukjes houtskool. De dikte van het archeologisch pakket bedraagt 100 cm.

Huisplaats 25: monumentnummer 8720, terrein van hoge archeologische waarde

De vorm van deze huisplaats is ovaal en de grootte is ongeveer 32 x 26 meter. De bovenkant van de huisplaats ligt op 0,74 m -NAP.

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op 3,48 m -NAP en bestaat uit dekzand. In de top van het dekzand is een podzolbodem ontwikkeld, maar de A- en E-horizont ontbreken als gevolg van erosie. Op het dekzand ligt een dunne laag rietveen, gevolgd door een met Riet doorwortelde laag klei. Hierop volgt een veenpakket, bestaand uit zeggeveen, wollegrasveen en heideveen. De top van het veen ligt op 1,03 m -NAP en bestaat uit erg brokkelig, veraard veen. Mogelijk is hier sprake van een betredingshorizont.

Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats 25 betreft bouw materiaal, aardewerk, slak en steen. Het archeologisch pakket bestaat uit een betredingshorizont van veen met veel kleine, ingetrapte brokjes klei en leem met daarop een nog enigszins intact vloerniveau van zwak siltige leemslaggen met ijzervlekken. Op de vloer ligt een zeer dun, vuil woonniveau van zwak siltige klei met stukjes houtskool. Hierboven ligt een tweede vloerniveau van leemslaggen, waarvan alleen een dunne laag resteert. Het geheel is afgedekt met een ophogingslaag van zwak siltige klei met ijzervlekken. De dikte van het archeologisch pakket bedraagt 18 cm.

Huisplaats 37: monumentnummer 2008, terrein van zeer hoge archeologische waarde

De vorm van deze huisplaats is ovaal en de grootte is ongeveer 22 x 17 meter. De bovenkant van de huisplaats ligt op 0,64 m -NAP.

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op 2,40 m -NAP en bestaat uit dekzand. Op het dekzand, waarin een podzolbodem ontwikkeld is, ligt een laag kleiig rietveen met aan de top en basis dunne kleilaagjes. Hierop bevindt zich een veenpakket dat uit zeggeveen en heideveen bestaat. De veraarde top van het veen ligt op 0,94 m -NAP, is kleiig en bevat kleibrokken.

Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats 37 betreft aardwerk, bot en steen. Het archeologisch pakket bestaat uit een betredingshorizont met ingetrapt kleibrokjes met daarop een vermoedelijke ophogingslaag van siltige klei met veen- en vooral veel kleibrokjes. Mogelijk betreft het hier het een vertrapte restant van een oorspronkelijk klei-op-veenpakket. Hierop heeft een keileemvloer gelegen. De dikte van het archeologisch pakket bedraagt 17 cm.

Huisplaats 77: monumentnummer: 8723, terrein van zeer hoge archeologische waarde

De vorm van deze huisplaats is rond met een doorsnede van ongeveer 34 meter. De bovenkant van de huisplaats ligt op 0,56 m -NAP.

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op 2,09 m -NAP en bestaat uit dekzand. In de top van het dekzand is een podzolbodem ontwikkeld, waarvan de Ah-horizont nog aanwezig is. Op het dekzand ligt een laag rietveen. Ten westen van de huisplaats bevindt zich hierop een tweede veenpakket, dat eveneens overwegend uit riet- en zeggeveen bestaat, en van het onderliggende rietveen gescheiden wordt door een dun kleibandje. De top van het veenpakket bestaat uit veraard veen, gevolgd door een dunne betredingshorizont met ingetrapt kleibrokjes. Ten oosten van de huisplaats wijkt de opbouw van de ondergrond sterk af van het hierboven beschreven beeld. Op het dekzand en rietveen ligt een dik pakket organische meerbodemaafzettingen. Waar deze meerafzettingen aan de antropogene pakketten grenzen, zijn ze vaak vertrappt. Naar boven toe gaan de meerbodemaafzettingen geleidelijk over in zegge- en mosveen.

Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats 77 betreft bouw materiaal, aardewerk, houtskool, bot, slak en steen. Het archeologisch pakket bestaat uit een natuurlijke overslibbingslaag met daarop een dik pakket ophogingslagen. Het grootste deel van dit pakket bestaat uit lagen mineraalarm en zwak kleiig veen. In de bovenste laag komen kleine kleiplaggen voor. De bovenste ophoging bestaat uit een laag bruinigrijze klei met oranje ijzervlekken, afgewisseld met donkergrijsbruine klei. De dikte van het archeologisch pakket bedraagt 104 cm.

Huisplaats 84 (afgedekt)

De vorm van deze huisplaats is ovaal en de grootte is ongeveer 16 x 14 meter. De bovenkant van de huisplaats ligt op 0,70 m -NAP.

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op 3,59 m -NAP en bestaat uit dekzand. In de top van het dekzand is een podzolbodem ontwikkeld, waarvan de Ah-horizont nog aanwezig is. Op het dekzand ligt een laag zeggeveen, gevolgd door een met Riet doorwortelde kleilaag. Hierop ligt een veenpakket, dat van onder naar boven bestaat uit rietveen, zeggeveen, veenmosveen en heideveen. De top van het pakket (op 1,04 m -NAP) is veraard.

Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats 84 betreft bouw materiaal en keramiek (aardewerk). Het archeologisch pakket bestaat uit een betredingshorizont in de top van het veen met ingetrapt kleibrokjes met daarop twee vloerniveaus van leem. De onderste vloer bestaat uit een laag leemplaggen met een dikte van 2-5 cm. De tweede vloer bestaat eveneens uit leemplaggen en is 2-6 cm dik. Er lopen verticale breuken door beide vloerniveaus, hetgeen er mogelijk op wijst dat de lagen ooit compleet uitgedroogd en hard zijn geweest en door belasting en/of betreding zijn gebroken. Tussen de vloeren bevindt zich een dun woonniveau van donkerbruin-grijze klei met stukjes houtskool. Op de huisplaats zijn in een houtskoolrijke laag brokken verbrande klei aangetroffen. Dit betreft een haardplaats die ten tijde van het eerste vloerniveau in gebruik is geweest. De dikte van het archeologisch pakket bedraagt 11 cm.

Huisplaats PE/R21

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op 210 cm onder maaiveld en bestaat uit dekzand. Hierop ligt een dik pakket zegge-rietveen, dat aan de bovenkant overgaat in een pakket riet-zeggeveen. De top van het profiel bestaat eveneens uit veen, is veraard en bevat kleibrokken. Op het veen ligt een dik (80 cm), vermoedelijk antropogeen pakket. Voor zover bekend is hier geen vondstmateriaal aangetroffen.

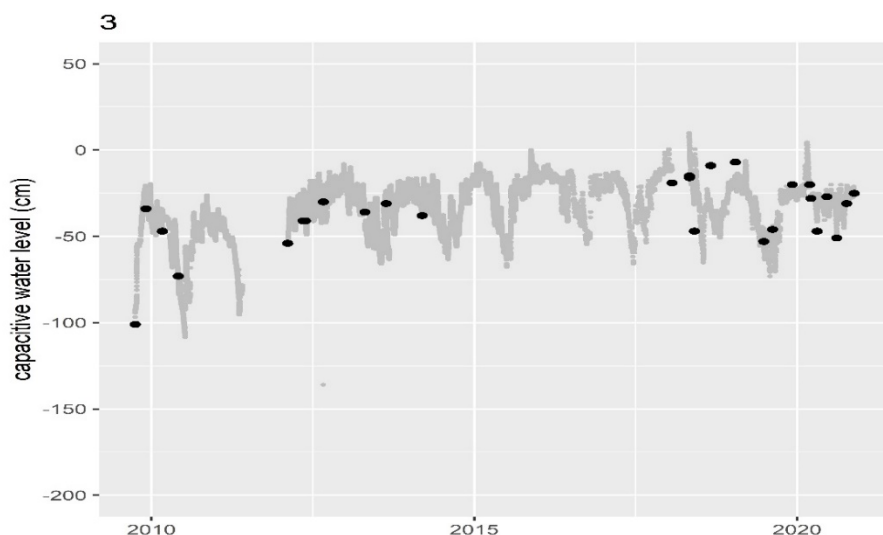
Huisplaats PE54

De top van het Pleistocene oppervlak ligt op 75-90 cm onder maaiveld en bestaat uit dekzand. In de top van het dekzand is een podzolbodem ontwikkeld. Hierop ligt een pakket amorf veen, riet-zeggeveen en vervolgens nog een laag met amorf en veraard veen. Vermoedelijk is ter plekke sprake van een archeologisch niveau van zo'n 40 cm dikte op een betredingsniveau op het veen.

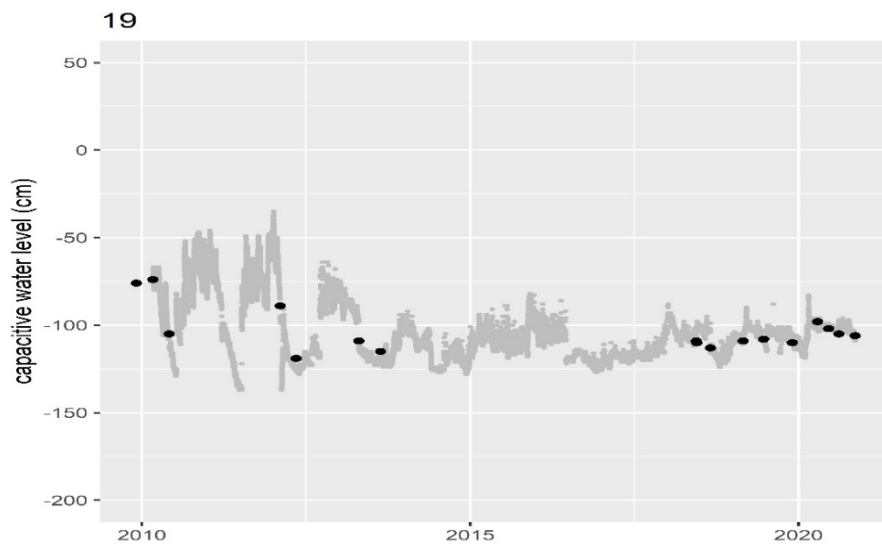
Vondstmateriaal dat is aangetroffen op huisplaats PE54 betreft aardewerk.

Bijlage 2 Grondwaterstanden huisplaatsen 3, 19, 23, 24, 37, 77, PE21 en PE54

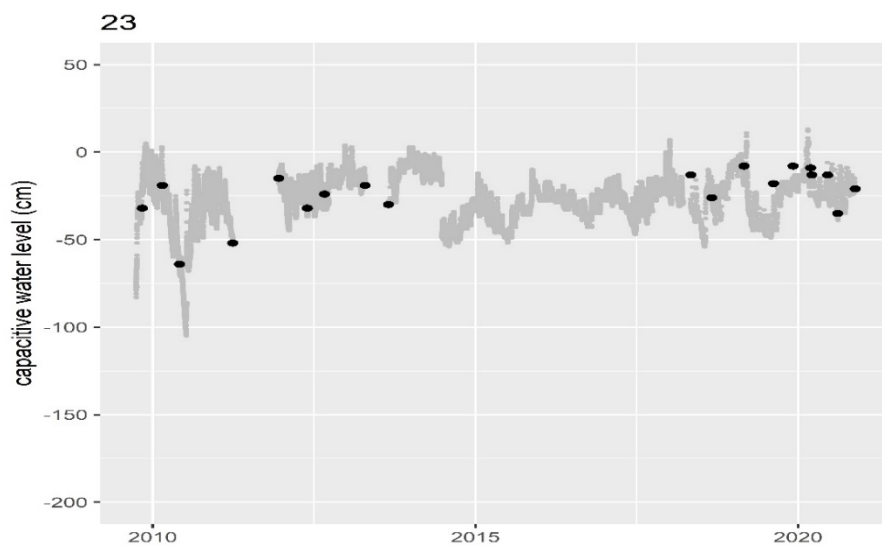
In onderstaande grafieken zijn de grondwaterstanden t.o.v. maaiveld weergegeven op acht huisplaatsen vanaf 2009 t/m nu. In elke grafiek zijn de grijze lijnen de continu-loggermetingen, de zwarte punten zijn handmetingen. Hier en daar ontbreken stukken. Dit heeft o.a. te maken met storingen in de logging. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren door een defect of door lege batterijen. Het heeft er ook mee te maken dat in de periode 2014-2017 de meetlocaties niet of nauwelijks zijn bezocht. Gedurende de meetperiode zijn er momenten ingelast waarbij de loggers schoongemaakt en gekalibreerd zijn. Meestal is dat achteraf op basis van de handmetingen nog eens gedaan. Huisplaatsen 19 en 24 zijn in februari 2012 afgedekt. Er is ruim 50 cm grond op over een zeil opgebracht. De grondwaterstanden t.o.v. maaiveld zijn daardoor plots gedaald. Het oppervlaktewaterpeil is vanaf dat tijdstip juist verhoogd. Hierdoor zijn de grondwaterstanden ook gestegen. Dat zou zichtbaar moeten zijn in het grondwaterstandverloop van de andere huisplaatsen. Wat vooral opvalt, is dat de fluctuatie is verminderd. Er is daarbij wel een verschil tussen de locaties aan de oost- en aan de westkant van de provinciale weg tussen Peize en Groningen. Aan de oostkant is de fluctuatie bij de huisplaatsen PE21 en PE54 groter gebleven.



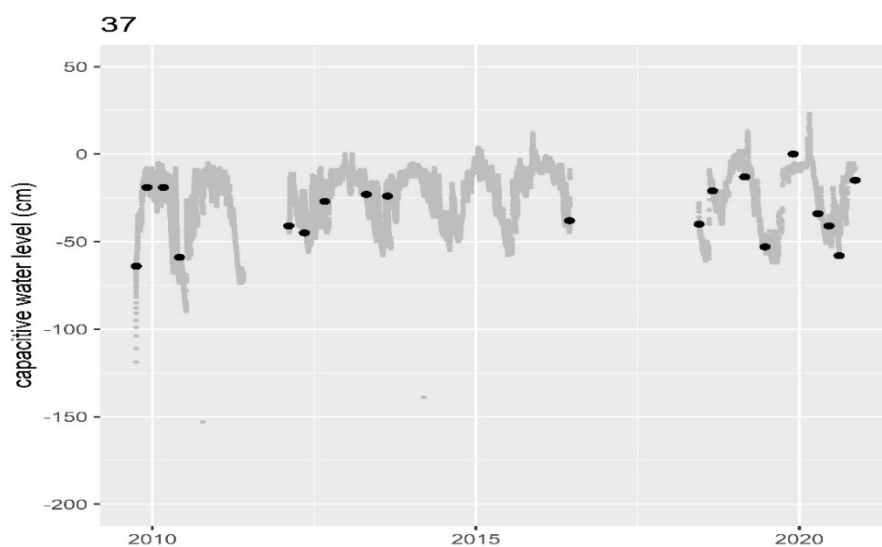
Grondwaterstandverloop t.o.v. maaiveld op huisplaats 3 tussen 2009 en 2020.



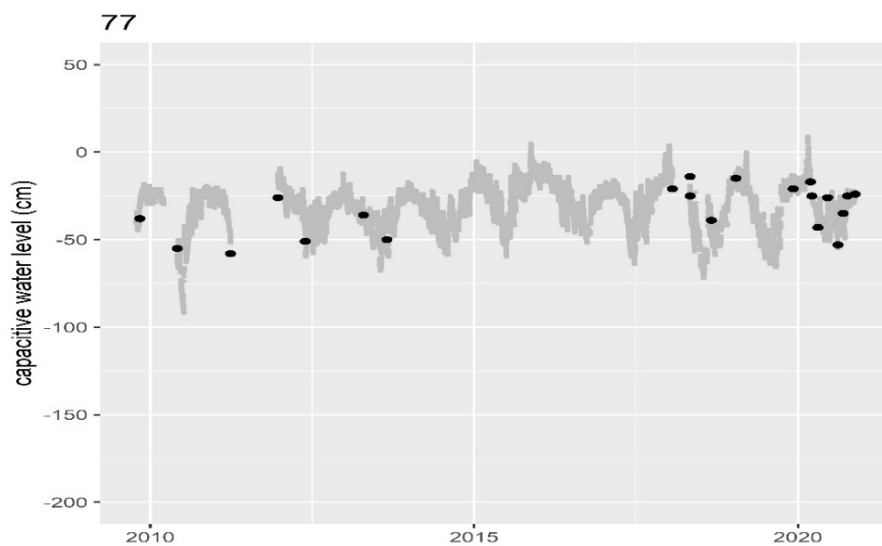
Grondwaterstandverloop t.o.v. maaiveld op huisplaats 19 tussen 2009 en 2020.



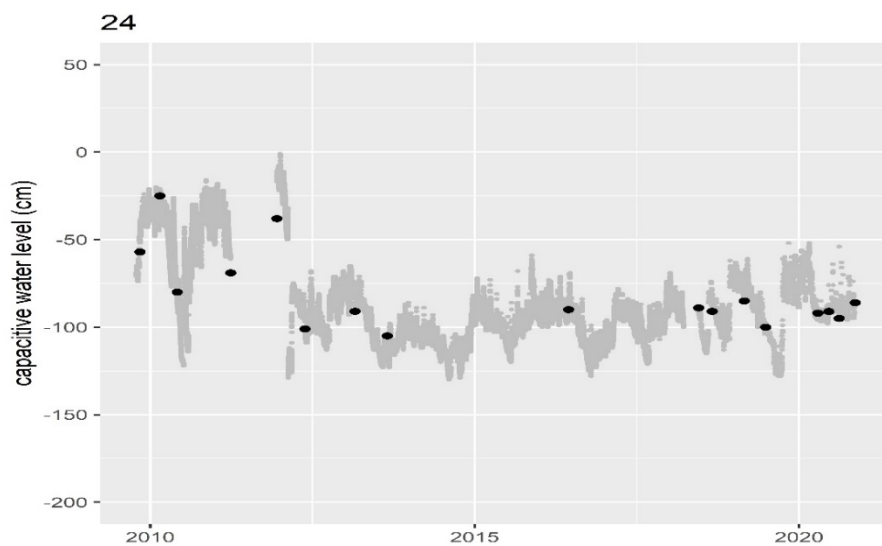
Grondwaterstandverloop t.o.v. maaiveld op huisplaats 23 tussen 2009 en 2020.



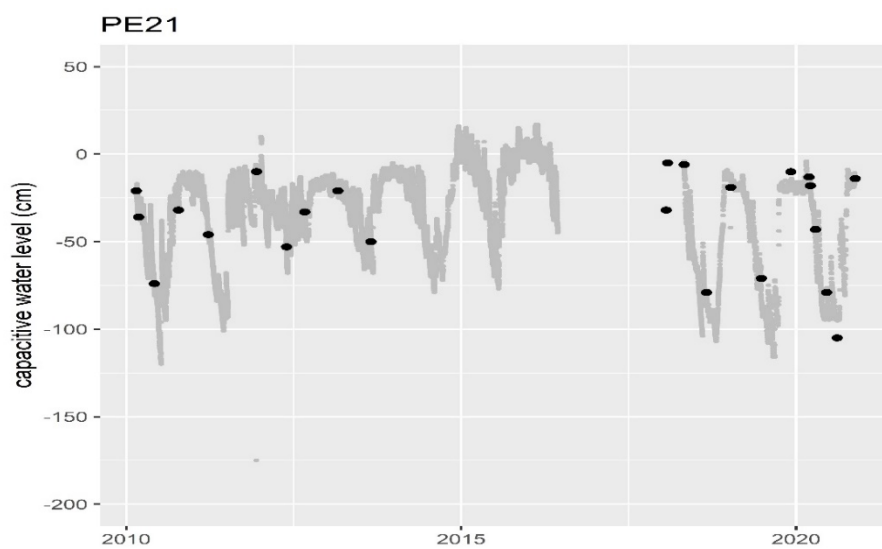
Grondwaterstandverloop t.o.v. maaiveld op huisplaats 37 tussen 2009 en 2020.



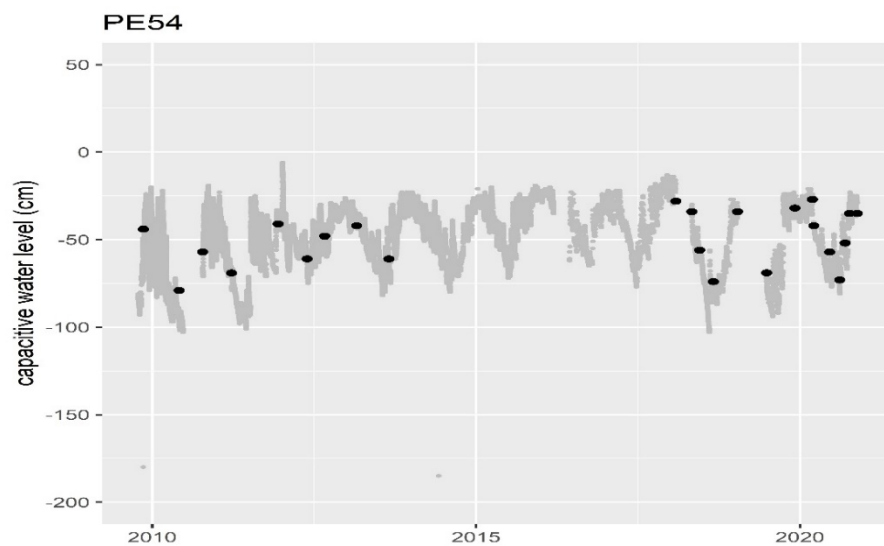
Grondwaterstandverloop t.o.v. maaiveld op huisplaats 77 tussen 2009 en 2020.



Grondwaterstandverloop t.o.v. maaiveld op huisplaats 24 tussen 2009 en 2020.



Grondwaterstandverloop t.o.v. maaiveld op huisplaats PE21 tussen 2009 en 2020.



Grondwaterstandverloop t.o.v. maaiveld op huisplaats PE54 tussen 2009 en 2020.

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3087
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
P.O. Box 47
6700 AB Wageningen
The Netherlands
T +31 (0) 317 48 07 00
www.wur.eu/environmental-research

Report 3087
ISSN 1566-7197

The mission of Wageningen University & Research is "To explore the potential of nature to improve the quality of life". Under the banner Wageningen University & Research, Wageningen University and the specialised research institutes of the Wageningen Research Foundation have joined forces in contributing to finding solutions to important questions in the domain of healthy food and living environment. With its roughly 30 branches, 6,800 employees (6,000 fte) and 12,900 students, Wageningen University & Research is one of the leading organisations in its domain. The unique Wageningen approach lies in its integrated approach to issues and the collaboration between different disciplines.

