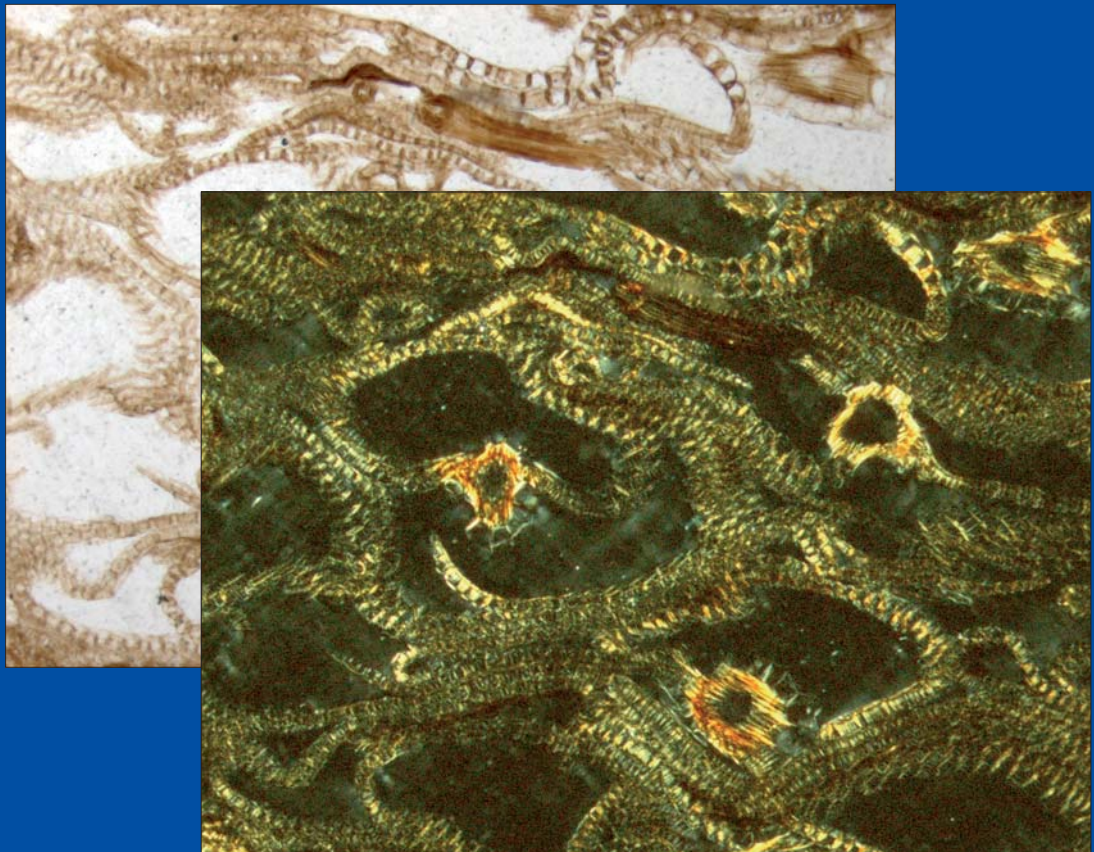


Kijkoperatie in het veen

**Kwaliteitsbepalend onderzoek naar de
neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht
(gemeente Emmen)**

E.M. Theunissen, D.J. Huisman, A. Smit & F. van der Heijden



Rijksdienst voor het
Oudheidkundig
Bodemonderzoek

**Kijkoperatie in het veen.
Kwaliteitsbepalend onderzoek naar de neolithische
veenweg van Nieuw-Dordrecht (gemeente Emmen)**

Colofon

ROB Rapportage Archeologische Monumentenzorg 130

Kijkoperatie in het veen. Kwaliteitsbepalend onderzoek naar de neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht (gemeente Emmen)

Auteurs: E.M. Theunissen, D.J. Huisman, A. Smit & F. van der Heijden

Illustraties en foto's: ROB, tenzij anders vermeld

Opmaak: Mikko Kriek (BCL Archaeological Support)

Druk binnenwerk: Print X-Press, Amersfoort

© ROB Amersfoort, 2006

ISBN-10: 90-5799-083-0

ISBN-13: 978-90-5799-083-0



Rijksdienst voor het
Oudheidkundig
Bodemonderzoek

Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek

Postbus 1600

3800 BP Amersfoort

www.archis.nl

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Inleiding	7
1.2 Leeswijzer	8
1.3 Woord van dank	8
1.4 Administratieve gegevens	9
2 Kader en doel van het onderzoek	11
2.1 Korte schets van het onderzoeksobject in het landschap	11
2.2 Beknopte voorgeschiedenis	11
2.3 Doel en onderzoeksvragen	13
3 Methode en technieken	15
3.1 Aanleg van de proefputten en het blootleggen van delen van het wegdek hout	15
3.2 Monsternamen in de putten	15
3.3 Aanvullend onderzoek	17
3.4 Metingen aan het bodemmilieu	17
4 Resultaten	21
4.1 Bodemopbouw in het onderzoeksgebied	21
4.2 De proefputten	23
4.3 Kwaliteit van het hout	26
4.4 Metingen aan het bodemmilieu	27
4.4.1 Grondwaterstand	27
4.4.2 Redoxpotentiaal <i>in situ</i>	27
4.4.3 Zuurgraad <i>in situ</i>	29
4.4.4 Nutriënten in het poriewater	31
4.4.5 Koolstof-/stikstofverhouding	33
4.5 Micromorfologisch onderzoek	33
4.5.1 Inleiding	33
4.5.2 Waarnemingen	34
4.5.3 Discussie	35
4.5.4 Interpretatie	40
5 Discussie, conclusies en aanbevelingen	41
5.1 Conclusies	41
5.2 Discussie: de rol van formatieprocessen	43
5.3 Aanbevelingen	44
Geraadpleegde bronnen	47
Appendix 1 Rapportage van de kwaliteitsbepaling van het hout uit de proefputten van 1998 <i>I.L.M. Stuijts</i>	51
1 Inleiding	51
2 Methode	51
3 Resultaat	54
3.1 Vaststelling conditie van het hout	54
3.1.1 Put 1	54
3.1.2 Put 2	55
3.2 Houtbiologisch onderzoek	55
3.2.1 Houtsoorten, herkomst en gebruik	55
3.3 Houtkenmerken	56

4 Conclusie	56
Appendix 2 Effect van tijdsduur op redoxmetingen in de bodem	57
Appendix 3 Vergelijking methodes zuurgraadbepaling van het bodemmilieu	59
Appendix 4 Kleurenplaten	61

Samenvatting

In deze rapportage wordt verslag gedaan van een kleinschalig onderzoek dat de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB) in 2004 heeft uitgevoerd ten westen van Nieuw-Dordrecht, gemeente Emmen. Het onderzoeksobject was de laat-neolithische veenweg, de oudst bewaarde weg van Nederland, die onder een aantal wettelijk beschermde graslandpercelen verscholen ligt. Een van de randvoorwaarden om te komen tot een duurzaam behoud van dit bijzondere monument was het exact lokaliseren van het wegdek hout in de ondergrond, zowel in horizontale als in verticale zin. In maart 2004 is allereerst geprobeerd met een glasfiberprikstok de veenweg op te sporen. Deze eenvoudige methode bleek positieve resultaten op te leveren, maar helaas was de betrouwbaarheid niet groot genoeg voor het beoogde doel. Vervolgens is besloten vier kleine proefputten te graven, enerzijds om de uitkomsten van de prikactie te testen en anderzijds om een beter inzicht te krijgen in het conserverend vermogen van het bodemmilieu in relatie tot de kwaliteit van het hout.

Tijdens het driedaagse veldwerk in juni 2004 zijn verschillende activiteiten uitgevoerd: het hout in vier kleine proefputten is blootgelegd, waarna zes schijven van verschillende stammen zijn verwijderd. Twee profielen zijn bemonsterd voor micromorfologisch onderzoek. Tegelijkertijd zijn diverse metingen aan het bodemmilieu verricht, zoals het bepalen van de redoxpotentiaal (een maat voor de oxiderende kracht), de zuurgraad en de verhouding koolstof/stikstof.

Uit het proefputtenonderzoek is duidelijk geworden dat de veenweg ligt op de plaats waar dit op basis van het onderzoek met de glasfiberprikstok werd verwacht. Hoewel het kwaliteitsbepalend onderzoek beperkt en eenmalig van karakter was, in feite een momentopname, wijzen de metingen aan het bodemmilieu op gunstige bewaarcondities. De bodem waarin de veenweg is ingebed, is waterverzadigd boven het grondwaterpeil, een zuurstoffloos milieu. Uit de analyses van het hout blijkt dat erosiebacteriën voor aantasting hebben gezorgd, maar vorm en informatiewaarde (zoals kapsporen) zijn daarbij intact gebleven. Ernstige vormen van degradatie, door bijvoorbeeld zachtrot-, witrot- of bruinrotschimmels, zijn niet aangetroffen. Uit de micromorfologische analyse komt naar voren dat intact, onaangetaast veen in het veenpakket boven de weg aanwezig is.

De conclusie van dit kleinschalige onderzoek is dan ook dat de vochthoudende eigenschappen van het veenpakket hebben gezorgd voor een bodemmilieu met een hoog conserverend vermogen. De zuigende kracht van het veen creëert een nat bodemmilieu met uitstekende bewaarcondities. Dat maakt dat het hout van de veenweg beter is geconserveerd dan op grond van de lage grondwaterstand werd verwacht.

Voor gefundeerde uitspraken over de kwaliteit op de lange termijn is het zaak om bij de veenweg een permanente monitoringslocatie in te richten en een programma op maat voor dit monument op te zetten. Een belangrijk onderdeel van een dergelijk programma is een beter inzicht te krijgen in de hydrologische werking van het veenpakket in relatie tot de veenweg. Door het in de loop der tijd volgen van het bodemvochtgehalte, in relatie tot de fluctuaties van het grondwaterpeil en de neerslag, wordt het mogelijk een greep te krijgen in de hydrologische balans in een niet-ingerichte situatie. Het advies ten aanzien van het monument van Nieuw-Dordrecht luidt: het handhaven van de huidige situatie en het ontwerpen van een monitoringsprogramma op maat voor deze oudst bewaarde veenweg van Nederland.



Afb. 1 Ligging van de onderzoekslocatie wettelijk beschermd monument Nieuw-Dordrecht.

1 Inleiding

1.1 Inleiding

Sinds de ontdekking in 1910 is de laat-neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht herhaaldelijk object van onderzoek geweest (afb. 1). Honderden meters zijn opgegraven en honderden meters liggen nog ter plaatse, onzichtbaar onder het grasoppervlak. De graslandpercelen aan de Herenstreek, waarin de veenweg is gelegen, zijn sinds december 1981 wettelijk beschermd en het totale oppervlak van dit terrein van zeer hoge archeologische waarde is 13,37 ha. De laatste tien jaar zijn er verschillende activiteiten ondernomen om de delen van de weg die zich nog *in situ* bevinden - ca. 400 meter - voor de toekomst te behouden, dit op initiatief van verschillende instanties, zoals Drents Plateau, Staatsbosbeheer, Dienst Landelijk Gebied en de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek.¹

Een van de voorwaarden voor de realisatie van de juiste beheersmaatregelen was het exact lokaliseren van de veenweg, zowel in horizontale als in verticale zin. In 2002 was reeds een poging ondernomen om de weg door middel van grondradar te traceren.² Hoewel deze methode positieve resultaten opleverde bij het opsporen van veenwegen in Noordwest-Duitsland³, waren de bevindingen bij de veenweg van Nieuw-Dordrecht niet bruikbaar: er bleek geen significant onderscheid te zijn tussen het hout van de weg en het veenpakket waarin het was ingebed.

In maart 2004 werd door de ROB een andere methodiek in het veld getest, namelijk om met behulp van een glasfiberprikstok de houten delen van de weg op te sporen (afb. 2). Deze methode bleek succesvol: op ca. 1 meter onder het maaiveld waren harde delen in de ondergrond aanwezig.⁴ Door in korte raaien haaks op de lengterichting te prikken, was het mogelijk de randen van de weg op te sporen. Het enige nadeel van deze eenvoudige werkwijze was dat de betrouwbaarheid niet exact genoeg was voor het beoogde doel. In een aantal gevallen werd er in het vermoede tracé van de weg geprikt zonder resultaat. Was de prikstok dan per toeval tussen de houten stammen gestoken of was de weg daar werkelijk niet aanwezig? In andere gevallen bleek er buiten het vermoede tracé harde delen in de ondergrond aanwezig te zijn. Ging het dan om een plaatselijke verbreding van de weg of zaten er andere (archeologische) verschijnselen in de ondergrond?

Om de betrouwbaarheid van de prikstokmethode te testen, werd besloten op een aantal strategisch gekozen locaties kleine proefputten te graven. Dit kleinschalige onderzoek werd eind juni 2004 uitgevoerd, enerzijds om de resultaten van de prikactie te evalueren en anderzijds werd deze gelegenheid aangegrepen om een beter inzicht te krijgen in het conserverend vermogen van het bodemmilieu in relatie tot de kwaliteit van het hout.

Zes jaar eerder, in april 1998, had de ROB ook een kleinschalig onderzoek uitgevoerd: in twee kleine proefsleuven was het hout van de veenweg blootgelegd, om zo een aantal houtmonsters te kunnen nemen voor een kwaliteitsbepaling. Aangezien de resultaten van dit onderzoek nooit in druk zijn verschenen en ze wel een cruciale rol spelen in het debat over een duurzaam behoud en beheer, is besloten ook deze data in deze rapportage op te nemen. De putten 1 en 2 zijn in het onderzoekoverzicht geïntegreerd en de inhoud, het blootgelegde wegdek hout, wordt bij de resultaten in Hoofdstuk 3 besproken. Het rapport van de kwaliteitsbepaling van het hout uit deze putten, destijds uitgevoerd door I. Stuijts, is als appendix 1 toegevoegd.

¹ Casparie, Streefkerk & Zandstra 1991; Mars, Van der Sanden & Smeijers 2004.

² T&A Survey BV 2002.

³ Bauerochse et al. 1999; Bauerochse 2001; Metzler 2002; Schulz et al. 2004.

⁴ Theunissen & Jong 2004.



Afb. 2 Opsporen van de veenweg met behulp van een glasfiberprikstok.

1.2 Leeswijzer

Centraal in deze rapportage staat de verslaglegging van het onderzoek dat de ROB van 28 tot en met 30 juni 2004 in Nieuw-Dordrecht heeft uitgevoerd. In hoofdstuk 2 worden het kader en doel wat breder uit de doeken gedaan. Hoofdstuk 3 gaat in op de methoden van onderzoek, waarna in hoofdstuk 4 de resultaten worden besproken. Hoofdstuk 5 ten slotte bestaat uit een discussie, een aantal conclusies en aanbevelingen.

1.3 Woord van dank

Dit rapport was niet tot stand gekomen als een groot aantal betrokkenen niet hun medewerking hadden verleend. Onze dank gaat dan ook uit aan de eigenaar van de percelen aan de Herenstreek, Staatsbosbeheer, in het bijzonder Ron Schenkel en de pachters, J. Hake (Barger-Compascuum), G. Ottens (Odoorn), H. Velema (Klazienaveen) en J. Koiter (Barger-Compascuum). Graafmachinist J. Kort (Valthe) groef op zorgvuldige wijze de kleine proefputten.

Een aantal collega's binnen en buiten de ROB heeft in het veld en binnenshuis werkzaamheden verricht. Wij danken Jos Deeben (ROB), Willem Derickx (ROB), Robert van Heeringen (ROB), Wim Jong (ROB) Marie-France van Oorsouw (ICN), Ton Penders (ROB), Wijnand van der Sanden (Drents Plateau) en José Schreurs (ROB) voor hun graaf-, boor- en meetactiviteiten. Wijnand van der Sanden, Otto Brinkkemper (ROB), Robert van Heeringen en Eelco Rensink (ROB) zijn wij erkentelijk voor het kritisch lezen van eerdere versies van de concepttekst. Ingelise Stuijts (Dublin) zijn wij bijzonder dankbaar voor digitale discussie en input op afstand.

Chemische analyses zijn mede mogelijk gemaakt door medewerkers van TNO-NITG, die belangloos hun uitrusting aan ons uitleenden voor het meten van nitraatgehaltes in het veld. Analytische ondersteuning kwam van Bertil van Os, Rob van Galen en Erik van Vilsteren (TNO-NITG; chemische analyses bodem en water) en van Arie van Dijk en Toine Jongmans (WUR; vervaardigen en hulp bij interpretatie van de slijplaten). Analyses van de houtkwaliteit is uitgevoerd door René Klaassen van Stichting Hout Research te Wageningen (SHR).

1.4 Administratieve gegevens

Projectnaam: veenweg Nieuw-Dordrecht

Provincie: Drenthe

Gemeente: Emmen

Plaats: Nieuw-Dordrecht

Toponiem: Herenstreek

Kaartblad: 18C

Grootte monument: 13,37 ha.

X-coördinaat: 262.500 tot 263.200

Y-coördinaat: 530.825 tot 531.250

Centrum coördinaten monument: 262.825 / 531.050

Landelijk registratienummer (CIS-code): 6759

ROB CAA: 18CZ-007

ROB CMA/AMK-status: terrein 18C-003, terrein van zeer hoge archeologische waarde. Definitief wettelijk beschermd sinds 14 december 1982.

Complextype: IVW (veenweg) uit het laat-Neolithicum (Enkelgrafcultuur)

(Eerdere) vindplaatscodes: veenweg XXI (Bou)

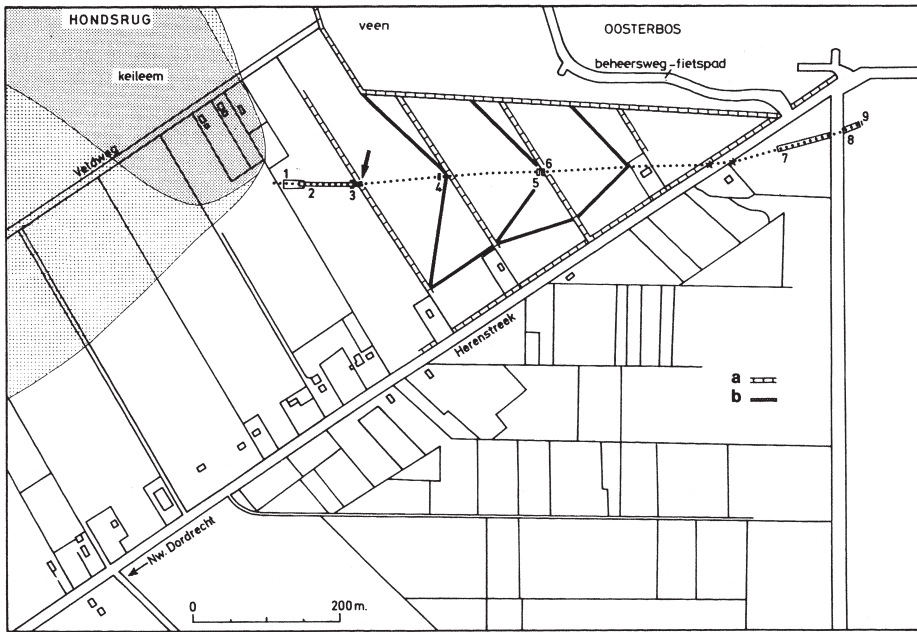
Dossiernummer eerder ROB-onderzoek: 1998-035

Tekeningnummers ROB-onderzoek: 1998-256 en 1998-257

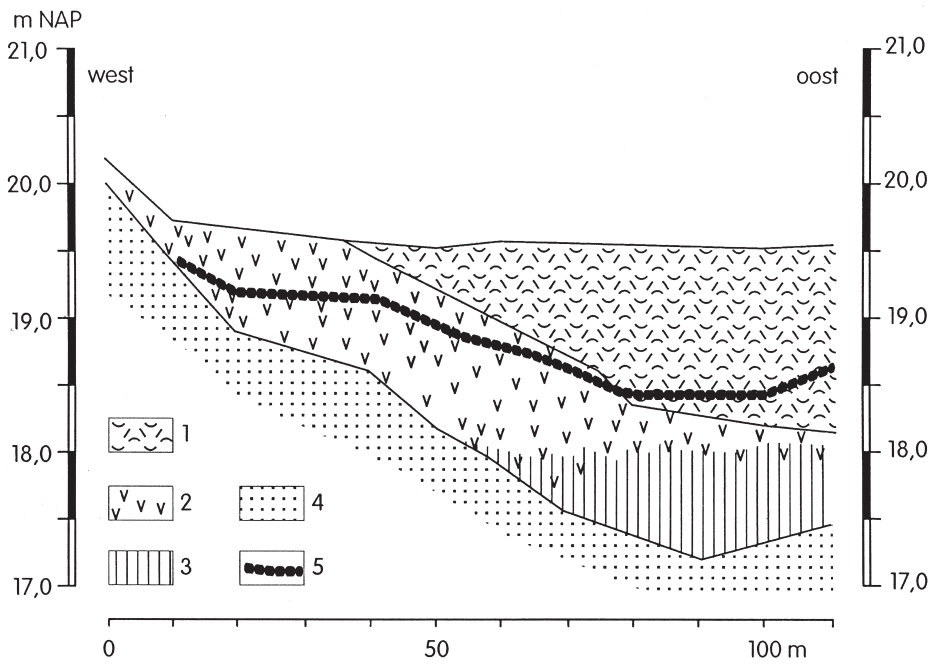
Kadasternummer: 9874

Huidig grondgebruik: extensief grasland (paardenwei)

In eigendom van: Staatsbosbeheer.



Afb. 3a Overzicht van het gebied van de veenweg van Nieuw-Dordrecht met de negen opgravingsputten uit de jaren tussen 1955 en 1981, de V-vormige dammen en in arcering de gedempte sloten (naar Casparie, Streefkerk & Zandstra 1991: fig. 3).



Afb. 3b Doorsnede door het veen, ten oosten van de Hondsrug, ter plaatse van de veenweg.
 Legenda: 1. hoogveen;
 2. bosveen;
 3. moerasveen
 4. zand (mineraal ondergrond);
 5. doorsnede door het wegdek.
 Verticale schaaloverdrijving twintigmaal (naar Casparie, Van Geel, Hanraets, Jansma & Stuijts 2004: fig. 11)

2 Kader en doel van het onderzoek

2.1 Korte schets van het onderzoeksobject in het landschap

De houten veenweg van Nieuw-Dordrecht bevindt zich ten oosten van de veenkolonie Nieuw-Dordrecht, ten noorden van de Herenstreek gelegen in een aantal graslandpercelen (afb. 3a,b). De weg is min of meer oost-west georiënteerd: vanaf het zuidelijk deel (oostzijde) van de Hondsrug loopt de weg in oostelijke richting het Bourtangerveen in, richting de veenstroom de Runde. Oorspronkelijk had de houten weg een lengte van ruim een kilometer. Sinds 1955 zijn delen ervan opgraven, vandaag de dag is nog ca. 400 m *in situ* aanwezig.

Uit de prikactie, uitgevoerd in maart 2004, is duidelijk geworden dat de diepte van het hout varieert, van 55 tot 110 cm onder maaiveld. Uit het voorgaand onderzoek weten we dat de houten veenweg bestaat uit verschillende lagen: het onderliggende (nivellerende) houtwerk omvat in de lengte georiënteerde berkenstammen, waar bovenop dwarsgeplaatste stammen, al dan niet in gekloofde vorm, zijn gelegd.⁵ De gebruikte houtsoorten zijn eik, linde, berk en els.⁶ De breedte van de weg varieert van 3 tot 4 m. Jaarringenonderzoek van de houten stammen heeft aangetoond dat de houten weg kort na 2550 voor Chr. is aangelegd.⁷

Vandaag de dag zijn de graslandpercelen in handen van Staatsbosbeheer die de weilanden aan vier verschillende personen verpacht als paardenwei. De in 1991 aangelegde leemdijken zijn zichtbaar en met name de oostelijke percelen zijn vooral in de wintermaanden nat. Het maaiveld bevindt zich in het westelijke deel van het beschermde monument op ca. 19,5 m +NAP en in het oostelijk deel, vlak voor het woonhuis aan de Herenstreek, op ca. 18 m +NAP. Ten noorden van de graslandpercelen bevindt zich het Oosterbos, een natuurgebied waar Staatsbosbeheer hoogveen probeert te regenereren.

2.2 Beknopte voorgeschiedenis

Terugkijkend vanaf 2004 op het onderzoek naar de neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht is er een bepaalde ontwikkeling merkbaar, een historische trend die bij veel bijzondere archeologische objecten waarneembaar is: van een sterk persoonsgebonden, wetenschappelijke onderzoeksfase van het object naar een landschapsgerichte visie waar langzaam maar zeker een duurzaam behoud *in situ*-perspectief aan wordt toegevoegd. Er is niet alleen een weelde aan archeologisch inhoudelijke informatie over de veenweg beschikbaar, ook over de problematiek van verdroging en de mogelijke oplossingen daarvoor is intensief nagedacht.

In de periode dat de veenweg bekend is, ongeveer 95 jaar, zijn delen van de weg uitgebreid onderzocht. Vooral door de studies van Casparie vanuit het Biologisch-Archeologisch Instituut (BAI) te Groningen in de jaren vijftig en tachtig van de vorige eeuw is een rijkdom aan gegevens over de veenweg beschikbaar gekomen.⁸ Over tal van aspecten is informatie voorhanden, zoals over de constructietechniek, de gebruikte houtsoorten en de datering.⁹ Over het waarom van de aanleg van de weg zijn inmiddels vier verschillende hypothesen geformuleerd.¹⁰ Zeker is dat met de huidige methoden, technieken en kennis deze hypothesen niet toetsbaar zijn, maar in de toekomst wellicht wel. Deze overweging laat zien dat de informatiewaarde van de veenweg geen absolute is, deze verandert in de loop der tijd.

Een ander bijzonder aspect van de veenweg is de zeldzaamheid, zowel op nationaal niveau als beschouwd vanuit het perspectief van behoud *in situ*. Drenthe staat in archeologisch Nederland bekend als de provincie waar een

5 Onderliggers zijn alleen in het westelijke deel van de weg aanwezig.

6 Casparie 1982; Stuijts, appendix 1.

7 Casparie et al. 2004.

8 Casparie 1982, 1987, 1992, 1994, 2005; Groenendijk 2003; Jansma & Casparie 1993; Landweer 1912.

9 Casparie et al. 2004; Lanting & Van der Plicht 1999/2000; Van der Sanden 2004; Van Zeist 1956, 1957; Van der Waals 1964.

10 Casparie et al. 2004; Van der Sanden 2004; Kok 2004.

groot aantal veenwegen aan het licht is gekomen, met name het Bourtangerveen gold als een bijzonder veenwegreservaat.¹¹ Casparie beschrijft er meer dan 25 in Noord-Nederland, waarvan de oudste dateren uit het midden-Neolithicum (TRB) en de jongste uit de Middeleeuwen.¹² In het Zuidoost-Drentse en Groninger deel van het Bourtangerveen zijn iets meer dan tien houten wegen (breder dan 2,5 meter) en paden (smaller dan 1 meter) onderzocht: deze liepen vanaf de hoger gelegen Hondsrug in oostelijke richting het Bourtangerveen in.¹³ Vandaag de dag liggen er nog (delen van) drie wegen *in situ*. In een langgerekt veengebied, in het noordelijk deel van het Oosterbos dat in handen is van Staatsbosbeheer (SBB), ligt het noordelijke en zuidelijke planken voetpad van Barger-Oosterveld. Daar is een aantal jaar geleden een hoog waterpeil gerealiseerd: een deel van het veen met de voetpaden is in een plastic scherm verpakt, waardoor zijwaarts uitreden van water wordt verhinderd.¹⁴ Een paar kilometer zuidelijk ligt de veenweg van Nieuw-Dordrecht, die uit het laat-Neolithicum (Enkelgrafcultuur) dateert. Op de Buinerbrug na, een veenweg uit het midden-Neolithicum waarvan een klein, slecht geconserveerd deel nog *in situ* ligt, is de veenweg van Nieuw-Dordrecht de oudst bewaarde weg van Nederland.¹⁵

Sinds ongeveer vijftien jaar is de roep om een duurzaam behoud van de veenweg steeds luider geworden. Uit metingen aan het grondwaterpeil is duidelijk geworden dat het waterniveau regelmatig zakte tot onder het niveau van de weg. De redenering was dat door uitdroging van het veenpakket zuurstof diep de bodem kon indringen, waardoor het hout niet meer was afgesloten van zuurstof. Oxidatieprocessen zouden dan steeds sterker van invloed zijn. Er werd gevreesd dat met name het westelijke deel van de weg dat het dichtst bij de Hondsrug is gesitueerd, permanent droog lag. Het hout ligt daar minder diep, ca. 60 cm onder het maaiveld.

Binnen de herinrichting Oost-Groningen en de Gronings-Drentse Veen koloniën deed zich in 1989 de gelegenheid voor om een aantal maatregelen te treffen die de conservering van de veenweg ten goede zouden (moeten) komen.¹⁶ Het terrein kreeg een natuurbestemming en werd omgezet in grasland. Nadat de percelen in handen waren gekomen van Staatsbosbeheer, zijn maatregelen getroffen om het regenwater boven het monument langer vast te houden. Zo zijn in 1991 afwateringssloten en -greppels gedempt en zijn drie V-vormige kades van leemhoudende zand aangelegd (afb. 4). De herhaalde metingen aan de waterstand toonden aan dat deze aanpassingen weinig bijdroegen aan een hoger grondwaterpeil. Het gevaar voor degradatie leek niet geweken.

In 1998 werd er door de ROB in het westelijk deel van de weg twee kleine proefputten gegraven met als doel de kwaliteit van het ondiep gelegen hout te beoordelen. De conditie van de veenweg in het meest westelijke putje, put 1, werd door deskundigen als 'matig tot slecht' bestempeld, waarbij werd opgemerkt dat de onderzijde van het hout wel in redelijke staat was. Ook voor het hout in de oostelijke gelegen put 2 waren duidelijke aanwijzingen dat de conditie van de veenweg zorgwekkend zou zijn.¹⁷ Om de goede kwaliteit van met name het lager gelegen, oostelijk deel van de veenweg op de lange termijn te kunnen garanderen, bedacht de werkgroep 'Veenweg van Nieuw-Dordrecht' waarin het Drents Plateau, Staatsbosbeheer, Dienst Landelijk Gebied (DLG) en de ROB zitting hebben, een aantal technische oplossingen.¹⁸ Verschillende studies werden geïnitieerd en een aantal opties werden overwogen. Uiteindelijk leek de aanleg van een ondergronds infiltratiesysteem het meest gunstige alternatief, zowel technisch en financieel haalbaar en duurzaam op de lange termijn. Dit systeem moet ervoor zorgen dat boven de neolithische veenweg een hydrologische buffer met een hoog en stabiel waterpeil ontstaat. Met andere woorden: het plan is de veenweg aan een infuus te leggen.

De werkgroep heeft zich niet alleen gebogen over een duurzaam behoud en beheer, er zijn ook ideeën geopperd over het meer beleefbaar maken van de

11 Casparie et al. 2004; Van der Sanden 2004.

12 Casparie 1987; Van der Sanden 2001.

13 Casparie 2005.

14 Casparie, Streefkerk & Zandstra 1991.

15 Van der Sanden 2002: 109.

16 Mars, Van der Sanden & Smeijers 2004: 15.

17 Stuijts, appendix 1.

18 Van den Brand 2003; Smolders 2003; Van der Schaaf 2004; www.belvedere.nu; Mars & Van der Sanden 2004.



Afb. 4 In 1991 zijn drie V-vormige leidammen op het monument aangelegd om het regenwater wat langer vast te houden. Daarop geprojecteerd is het verloop van de weg, gebaseerd op de resultaten van de prikactie in maart 2004.

veenweg. Met ruimtelijke inrichtingsontwerpen, een landschapsplan waarbij ook een relatie wordt gelegd met het Oosterbos en het nabijgelegen Veenpark in Barger-Compascuum, is het mogelijk de weg voor een groter publiek te ontsluiten.

2.3 Doel en onderzoeksvragen

Een van de randvoorwaarden voor de realisatie van de inrichting van de percelen tot een duurzaam behoud en beheer van de ondergrondse archeologie was het meer exact lokaliseren van de veenweg, of anders geformuleerd de mate van betrouwbaarheid van de prikmethode te evalueren. Er werd door de ROB besloten een kleinschalig onderzoek in te stellen. Het ging daarbij om het graven van vier kleine proefputten, zodanig gepositioneerd - op een afstand van ca. 70 m van elkaar - dat ze de randen van de veenweg zouden blootleggen. Dit onderzoek zou eveneens informatie opleveren over de stratigrafie van de bovenliggende veenlagen.

Bovendien bood deze tijdelijke ontsluiting van de veenweg de mogelijkheid om een aantal parameters ter plaatse te meten en een aantal monsters van het bodemmilieu en het hout te nemen. Dit om een beter inzicht te krijgen in het conserverend vermogen van het veenpakket en de fysieke kwaliteit van het hout. Sinds een aantal jaar is het kwaliteitsbepalend onderzoek van archeologische vindplaatsen verder ontwikkeld en verdiept. De afgelopen vijf jaar is een reeks aan projecten uitgevoerd, met name in de holocene delen van West-Nederland.¹⁹ Tijdens deze onderzoeken is het vaststellen van de fysieke kwaliteit aan de hand van een aantal parameters op één specifiek moment, de nul-situatie, en het volgen daarvan in de loop der tijd, het monitoren, in de praktijk getest en methodisch ontwikkeld. Zo is het meten van de grondwaterspiegel met behulp van een *diver* in peilbuizen succesvol gebleken. Ook het vastleggen van de redoxpotentiaal, een maat voor het oxiderend vermogen van het bodemmilieu, blijkt zeer zinvol. Op het gebied van de kwaliteitsbepaling van archeologisch

¹⁹ Van Heeringen & Theunissen 2001, 2002, 2005; Van Heeringen, Mauro & Smit 2004, Van Heeringen, Smit & Theunissen 2004, 2006; Theunissen & Van Heeringen 2006

hout is de afgelopen jaren een duidelijke ontwikkeling te constateren. Er is vandaag de dag meer bekend over de vormen van aantasting in relatie tot het bodemmilieu dan een paar jaar geleden.²⁰ Met deze nieuwe kennis zou het mogelijk zijn de kwaliteit van het hout opnieuw te beoordelen.

Voordat dit kleinschalige onderzoek van start kon gaan, zijn het doel, de onderzoeksvragen en de aanpak in een Programma van Eisen verwoord.²¹ De onderzoeksvragen hadden enerzijds betrekking op de locatie van de weg en de betrouwbaarheid van de prikmethode en anderzijds op het verzamelen van verticale informatie, het conserverend vermogen van het bodemmilieu en de kwaliteit van het aanwezige hout.

Onderzoeksvragen naar de locatie van de veenweg en de evaluatie van de glasfiberprikstok luiden:

- wat is de exacte locatie van (de randen van) de veenweg in de percelen ten westen van het huis Herenstreek 88? Aangezien er geen gegevens over het tracé van de veenweg in het perceel ten oosten van dit huis voorhanden waren, was het zaak ook daar een prikactie uit te voeren, met als onderzoeksvraag: bevinden zich in het meest oostelijk gelegen perceel van het wettelijk beschermde monument nog harde delen in de ondergrond, die kunnen wijzen op de aanwezigheid van een wegtracé?
- op welke diepte bevinden zich de blootgelegde houtdelen in de proefputten?
- hoe betrouwbaar zijn de resultaten van het prikonderzoek?

Onderzoeksvragen naar het bodemmilieu en de kwaliteit van het hout zijn:

- wat is de opbouw van het bovenliggende veenpakket? Wat is de dikte van de bodemlagen, met name van het bovenste bezandingsdek? Tot welk niveau is er veraarding opgetreden?
- wat is het conserverend vermogen van het veenpakket?
- wat is de kwaliteit van het hout?

*20 Kars & Smit 2004: 35-42;
Huisman & Klaassen 2005a,b;
Huisman et al. in voorbereiding;
Huisman in voorbereiding.*

21 PvE 2004-011.

3 Methoden en technieken

3.1 Aanleg van de proefputten en het blootleggen van delen van het wegdek hout

Op basis van de resultaten van de in het voorjaar van 2004 uitgevoerde prikstokactie is bepaald waar proefputten gegraven zouden worden. Het was de bedoeling de putten zodanig te positioneren dat op vier locaties de rand van de veenweg zichtbaar zou worden, waarbij ongeveer de helft van de breedte van de weg zou worden blootgelegd. In feite is dit eenzelfde aanpak als de twee proefputten die in 1998 waren aangelegd. Aangezien op voorhand was besloten deze twee putten in het nieuwe ruimtelijke overzicht op te nemen, is de nummering van de 2004-putten gestart bij nummer 3.

Op grond van het overzicht dat na de prikactie van het voorjaar van 2004 beschikbaar was - topografisch overzicht met het vermoedelijke verloop van de weg vastgelegd in coördinaten van het rijksdriehoeksnet - zijn vier locaties gekozen voor de aanleg van een kleine proefput met een lengte van ca. 2 tot 3 m en een breedte van 1 m. Deze putlocaties waren op het tracé van de veenweg geprojecteerd, alternerend aan de noord- en de zuidzijde van de weg, op een onderlinge afstand van ongeveer 70 m. Door integratie van de twee proefputten uit 1998 kon zo een wegtracé van ruim 300 m ten westen van het huis aan de Herenstreek 88 in kaart worden gebracht (afb. 5).

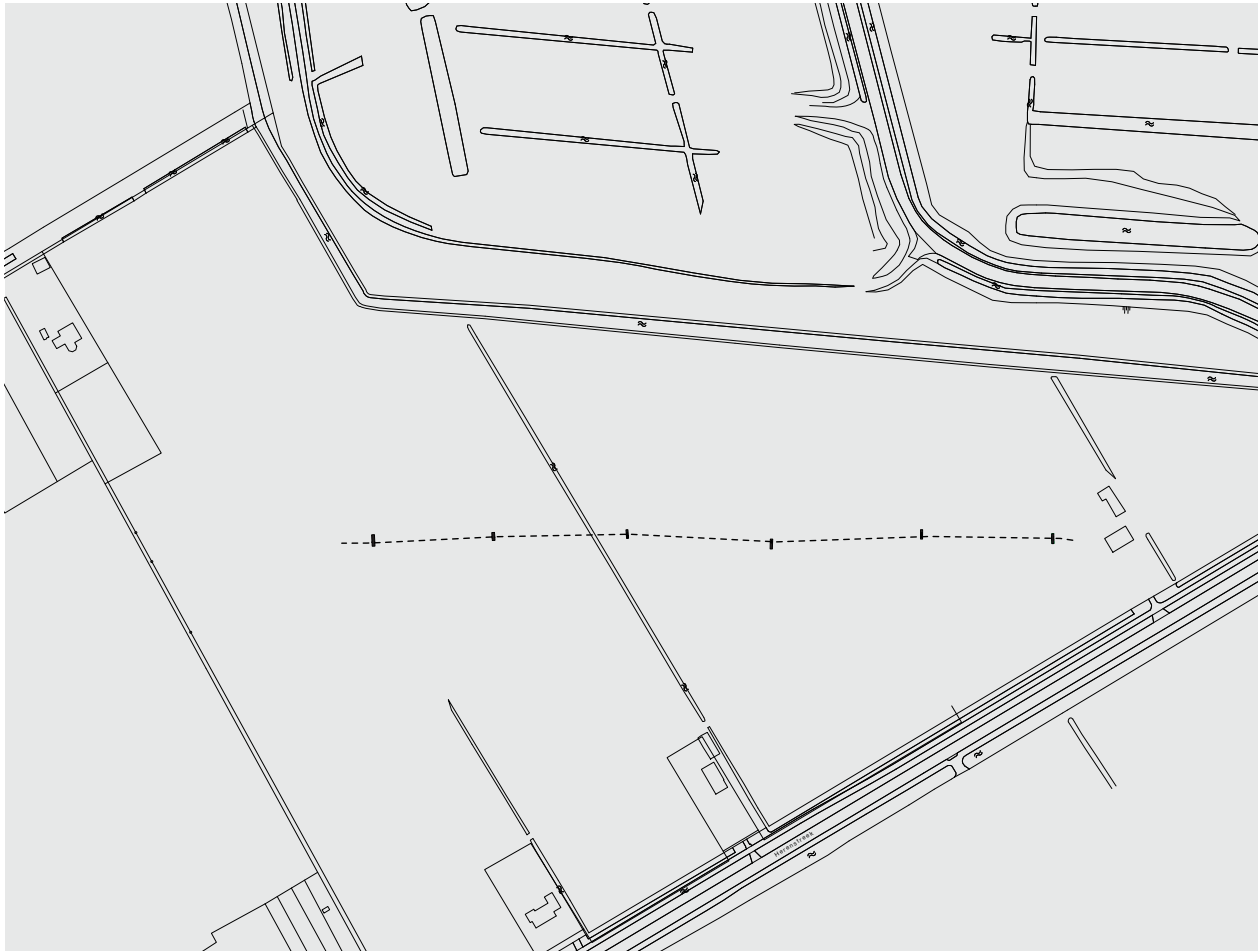
Per putlocatie is er vervolgens een lokaal meetsysteem uitgezet, bestaande uit twee stalen buizen, geplaatst op een onderlinge afstand van 10 meter. Ook deze buizen zijn ingemeten in het landelijke rijksdriehoeksnet.

Op maandag 28 juni 2004 zijn de putten machinaal uitgegraven tot het niveau waarop houtdelen net zichtbaar werden. Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd door J. Kort (Valthe) met behulp van een graafmachine op rupsbanden, met een graafbak van 1 m breed. Vervolgens is het hout van de weg met de troffel vrijgelegd. Het bovenaanzicht van de veenweg is gefotografeerd en vastgelegd op tekening (schaal 1:10). De vrijgelegde stammen zijn afzonderlijk gewaterpast. Van elke put is het oostprofiel getekend. Van put 4 is het oostprofiel ook gefotografeerd.

3.2 Monsternamen in putten

Slijpplaatmonsters voor micromorfologisch onderzoek

Bij micromorfologisch onderzoek wordt de microstructuur en de mineralogie van een bodem bestudeerd met behulp van een microscoop. Om dit mogelijk te maken, worden de monsters in het laboratorium met een polyester geïmpregneerd. Eerst wordt het water vervangen door aceton waarna de poriën in het bodemmateriaal worden gevuld met een kunsthars. Vervolgens worden van dit blok bodemmateriaal dunne preparaten van ca. 20 tot 30 micron gezaagd. Door deze preparaten, ook wel slijpplaten genoemd, onder de microscoop te bestuderen kan worden vastgesteld hoe de structuur van de bodem eruit ziet, welke mineralen erin voorkomen en hoe die verdeeld zijn in de bodemmassa. Ook organische resten en structuren kunnen worden herkend. Niet alleen de bestanddelen van de bodem, maar ook de effecten van processen die van invloed zijn op het bodemmilieu (of zijn geweest) kunnen worden bestudeerd, zoals bioturbatie, zwel en krimp, in- en uitspoelen van stoffen en sedimentaire processen. Micromorfologisch onderzoek wordt dan ook vooral veel gebruikt in onderzoek naar bodemvorming, maar het vindt ook meer en meer toepassing in de archeologie.²² Uit de profielwanden van put 4 en put 6 zijn zes ongestoorde 7x7 cm bodemmonsters genomen voor micromorfologisch onderzoek. De monsters zijn genomen door kartonnen bakjes in het profiel te drukken (afb. 7).



In put 4 is een monster afkomstig van het veen direct boven het hout van de weg: nummer 05-003/5, gestoken op 112 cm tot 105 cm onder maaiveld, zijnde 17,22 tot 17,29 m +NAP. Monsternummer 05-004/6 is gestoken op 84 tot 77 cm onder maaiveld, zijnde 17,50 tot 17,57 m +NAP. Uit de top van het veenpakket is monsternummer 05-003/7 afkomstig, gestoken op 34 tot 27 cm onder maaiveld, ofwel 18,00 tot 18,07 m +NAP.

In put 6 is het diepste monster eveneens gestoken direct boven het hout van de weg: nummer 05-006/12, op 86 cm tot 79 cm onder maaiveld, zijnde 17,34 tot 17,41 m +NAP. Het monster halverwege het veenpakket, 05-007/13, is gestoken op 65 tot 58 cm, ofwel 17,45 tot 17,52 m +NAP. Monsternummer 05-008/14 is afkomstig uit de top van het pakket, op 50 tot 43 cm, zijnde 17,60 tot 17,67 m +NAP.

In het laboratorium voor bodemkunde en geologie van de Wageningen Universiteit is het water uit de monsters vervangen door aceton en vervolgens zijn ze geïmpregneerd met kunsthars. Van deze blokken is een dunne plak met een dikte van 30 micron afgezaagd, op een glasplaat geplakt en afgedekt. Deze slijplaten zijn vervolgens bestudeerd met een polarisatiemicroscop.

Houtmonsters voor kwaliteitsbepalend onderzoek

In put 4 en 6 zijn houtmonsters van de veenweg genomen. Uit de stammen zijn schijven gezaagd, die na luchtdicht te zijn verpakt, gekoeld zijn opgeslagen.²³ Uit put 6 zijn daarnaast twee houtfragmenten geborgen (vondstnr. 12 en 15).

Afb. 5 Overzicht van de zes proefputten in het wettelijk beschermde monument Nieuw-Dordrecht, in stippellijn aangegeven het tracé van de veenweg.

²³ Gekoeld opslaan van houtmonsters (onder vijf graden Celsius) gaat verdere achteruitgang tegen.



Afb. 6 Monsternamen voor het houtonderzoek in put 4.

3.3 Aanvullend onderzoek

Booronderzoek

Uit het prikstokonderzoek in maart 2004 was reeds duidelijk geworden dat de diepte van het hout van de veenweg varieert, van 55 tot 110 cm onder maaiveld. Om een beter inzicht te krijgen in de diepere ondergrond is besloten een ééndaags booronderzoek uit te voeren. Deze actie vond plaats op woensdag 30 juni 2004 en is uitgevoerd door J. Deeben en J. Schreurs. Ter hoogte van put 5 is haaks op de veenweg een boorraai uitgezet van 14 boringen. De afstand tussen de boringen bedroeg 10 m. Deze zijn ingemeten met behulp van het meetsysteem van put 5. Daarnaast zijn in de lengterichting van de weg vijf boringen gezet. Daarvan zijn er twee ten oosten van put 5 gezet, op 10 en 20 m afstand van de put. De overige drie zijn in de drie resterende putten gezet, net naast de veenweg. Van elk boorpunt is met behulp van een waterpas de hoogte bepaald in NAP.

Prikstokonderzoek

Aangezien het onduidelijk was of de neolithische veenweg in het graslandperceel ten oosten van het huis, Herenstreek 88, nog aanwezig was, is besloten ook daar een prikstokonderzoek uit te voeren. Dit geschiedde met dezelfde glasfiberstok, waarmee in het voorjaar van 2004 positieve resultaten waren gehaald. Deze prikactie is uitgevoerd door W. van der Sanden en L. Theunissen. Met sjalons is het tracé van de weg - bij de proefputten en door middel van doorzichten - bovengronds aangegeven, zodat in het oostelijke perceel de oriëntatie van de weg geschat kon worden.

3.4 Metingen aan het bodemmilieu

Gedurende het veldwerk zijn op verschillende locaties metingen verricht en er zijn monsters genomen om het conserverend vermogen van het bodemmilieu te bepalen. De resultaten geven een beter inzicht in de mate van conservering en maken voorspellingen ten aanzien van verschillende degradatieprocessen mogelijk.

Grondwaterstand

Voor het bepalen van de actuele grondwaterstanden waren in eerste instantie op drie locaties, bij put 1, 4 en 6, peilbuizen geplaatst. De buizen reikten tot 2 m

in het veenpakket en hadden een kort filter van 173 tot 200 cm. Tijdens de veldwerkcampagne werd al snel geconstateerd dat de metingen niet succesvol waren, omdat de waterlevering uit de omgeving naar de filters trager verliep dan op voorhand werd gedacht. De peilingen leverden dan ook te lage waarden van de grondwaterstand. Om toch enig inzicht te krijgen in de fluctuaties in de grondwaterstand is gebruik gemaakt van metingen die beschikbaar zijn gesteld door Staatsbosbeheer. De waterstanden in deze peilbuizen worden sinds 1995 eenmaal per maand handmatig gemeten.

Redoxpotential

Op zes plaatsen, nabij de putten 1 tot en met 6, is de redoxpotential in de bodem op verschillende dieptes gemeten. De redoxpotential is de maat voor de oxiderende kracht van het bodemmilieu.²⁴ Deze kracht wordt uitgedrukt in milliVolt, afgekort mV. Met een sonde kan worden bepaald of er oxiderende stoffen in de bodem aanwezig zijn.²⁵ Zuurstof is de bekendste en het meest schadelijke bestanddeel, maar ook nitraat, sulfaat en ijzer- en mangaanoxiden zijn van invloed. De redoxpotential van de bodem kan variëren van grofweg -400 tot +800 mV. Een lage redoxpotential wijst op een reducerend milieu, waarin organische materialen goed bewaard blijven. Een hoge redoxpotential duidt op oxiderende omstandigheden. De gemeten potentialen worden in tien gelijke klassen van 1 tot en met 10 verdeeld. Klasse 1 staat voor een sterk oxiderend milieu en klasse 10 voor een sterk reducerend milieu:

Klasse 10	-400 tot -280 mV
Klasse 9	-280 tot -160 mV
Klasse 8	-160 tot -40 mV
Klasse 7	-40 tot +80 mV
Klasse 6	+80 tot +200 mV
Klasse 5	+200 tot +320 mV
Klasse 4	+320 tot +440 mV
Klasse 3	+440 tot +560 mV
Klasse 2	+560 tot +680 mV
Klasse 1	+680 tot +800 mV.

De metingen aan het bodemmilieu van de veenweg zijn uitgevoerd met een redoxpotentialsonde. De sonde bestaat uit een elektrode met aan een uiteinde een platinumpuntje dat op een bepaalde diepte in het bodemsediment wordt aangebracht, meestal in stappen van 10 cm. De redoxpotential wordt vervolgens met een pH-/mV-meter uitgelezen ten opzichte van een referentie-elektrode (calomel, verzadigd KCl). De in dit rapport gepresenteerde resultaten zijn gecorrigeerd voor de referentie-elektrode en zijn ten opzichte van de standaard waterstof-elektrode (SHE) aangegeven. Bij put 6 zijn daarnaast tien sondes geplaatst om te onderzoeken wat het effect van de meettijd is op de gemeten redoxwaarde. Aangezien deze studie meer methodisch van aard was, is besloten de resultaten ervan niet in de hoofdtekst, maar in een appendix op te nemen (Appendix 2).

Poriewater

Bij put 1, 4 en 6 zijn op verschillende dieptes monsters genomen van het poriewater. In een boorgat is een keramisch filter op de gewenste diepte geplaatst, waarna door middel van een handvacuümpomp poriewater is geëxtraheerd. De monsters zijn een paar uur later - op de avond van de monsterdag - geanalyseerd op het gehalte aan nitraat. Andere parameters (anionen, kationen, nutriënten) zijn na het veldwerk geanalyseerd door TNO-NITG in het Geïntegreerd Laboratorium van UU/TNO.

Zuurgraad

De zuurgraad van het bodemmilieu in de directe omgeving van de veenweg is op verschillende manieren gemeten:

²⁴ Van Heeringen, Smit & Theunissen 2006.

²⁵ Smit, Becker & Van Heeringen 2005.

1. de zuurgraad van monsters van het bodemvocht (pH-bodemvocht);
2. de zuurgraad van de bodem, *in situ* gemeten met een ISFET-elektrode (pH-*in situ*);
3. de zuurgraad van 0.01M CaCl₂ extracten van een aantal bodemmonsters (pH CaCl₂).

Koolstof-/stikstofbepaling

Uit de profielen van opgravingsputten 4 en 6 zijn bodemmonsters genomen voor analyse van totaal koolstof en stikstof (C en N). De ratio van deze parameters (C/N) is een maat voor de kwaliteit van organisch materiaal. Een hoog stikstofgehalte, een lage C/N ratio, houdt in dat het organische materiaal makkelijk afbreekbaar is.

4 Resultaten

4.1 Bodemopbouw in het onderzoeksgebied

26 Casparie 1982, met name 124-126, gebaseerd Casparie 1972; Casparie & Streefkerk 1992.

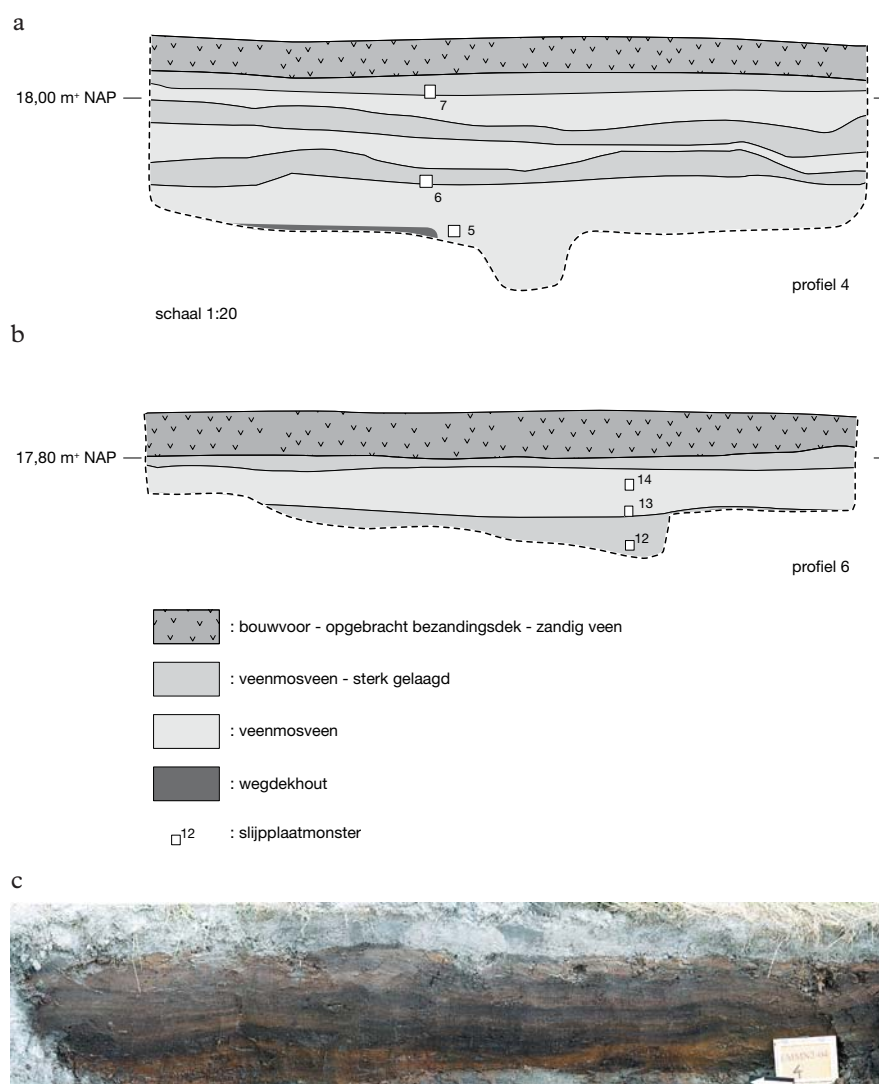
Tijdens het driedaagse veldwerk is aandacht besteed aan de bodemopbouw in het onderzoeksgebied. Op basis van het onderzoek van Casparie²⁶ naar het hoogveenlandschap van Nieuw-Dordrecht en de veldwaarnemingen van putprofielen en de gutsboor kan het volgende beeld geschetst worden: de basis wordt gevormd door pleistoceen dekzand. Dit zijn zanden die door de wind gedurende het laatste deel van het Weichselien zijn afgezet. Op dit dekzand ligt een gemiddeld 10 cm dikke laag detritus of gyttja. Deze afzetting hangt vermoedelijk samen met de eerste fase van vernatting in het gebied. Daarop ligt een pakket hoogveen. Dat hoogveen is boven de grondwaterspiegel gevormd onder invloed van voedselarm regenwater en bestaat voornamelijk uit veenmosveen (*Sphagnum*). De vorming van dit hoogveen vond plaats gedurende het gehele Holoceen. Het lijkt er met name in de top van het veen op dat reeds tijdens de ontwikkeling van het hoogveen sprake is geweest van een aantal relatief droge periodes waardoor een zekere mate van oxidatie plaats heeft kunnen vinden. Daardoor is het veen plaatselijk en op verschillende dieptes al enigszins (matig) vergaan.

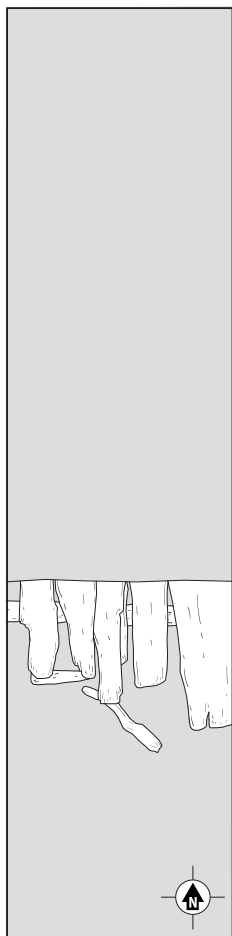
Afb. 7

a: Geïnterpreteerd oostprofiel van put 4.

b: Geïnterpreteerd oostprofiel van put 6.

c: Blik op het veenprofiel van put 4.



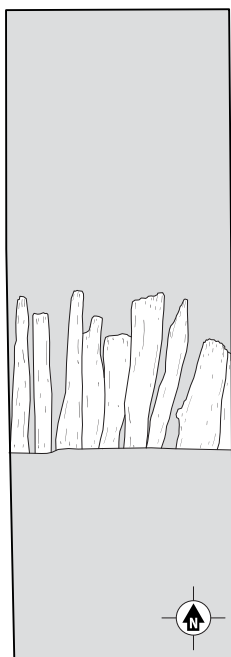


0 50cm

put 1



Afb. 8 Blik op het vrijgelegde hout in put 1 (1998).



0 50cm

put 2



Afb. 9 Blik op het vrijgelegde hout in put 2 (1998).

De profielen van de putten maken het mogelijk een meer gedetailleerde opbouw van de bovenste 1 m van het *Sphagnum*-veenpakket te beschrijven (afb. 7). De oostprofielen van put 4 en 6 toonden de meeste variatie en deze zijn dan ook bemonsterd voor het micromorfologisch onderzoek. De bovenste 20 tot 30 cm bestaat uit de huidige bouwvoor. Dit is een mengsel van autochtoon veen met aangevoerd zand.²⁷ Dit bezandingsdek is in het (recente) verleden aangebracht om het gebied in agrarisch gebruik te kunnen nemen. Daaronder bevindt zich een veenlaag met duidelijke veraardingskenmerken, amorfe structuur, zwart van kleur en het veenmos is nauwelijks meer als veen herkenbaar. Daaronder bevindt zich een meer gelaagde veenlaag, waarin afwisselende banden deels vergaan en onvergaan veen zichtbaar zijn. Deze laag gaat over in een veenmospakket van ca. 50 tot 80 cm dikte, waarin afwisselende donkerbruine en bruine lagen herkenbaar zijn. Direct boven het hout van de veenweg bevindt zich een band van zeer sterk gelaagd, pluizig veen van wollegras.

4.2 De proefputten

In de vier kleine kijkgaten zijn randen van de veenweg blootgelegd. Aangezien ook de putten 1 en 2, gegraven in april 1998, waardevolle gegevens opleverden, zijn deze in de onderstaande beschrijving opgenomen. Verticale informatie - de opname van profielen - is destijds niet in put 1 en 2 vastgelegd.

Put 1

Put 1 meet 4,5 bij 1 meter. In de put is over een lengte van twee meter een deel van de weg blootgelegd. Het hout bevond zich op een diepte van 60 cm onder maaiveld. In de put zijn vijf boomstammen opgetekend (afb. 8). Onder de vijf stammen is één stam in de lengterichting van de weg aangetroffen, een zogenaamde onderligger. Deze onderligger is van berkenhout. Het wegdek hout is afkomstig van els, eik en linde.²⁸

Put 2

Put 2 meet 4 bij 1 meter. In deze put is over een lengte van 2,5 meter een deel van de weg blootgelegd, waarbij het hout op een diepte van 90 cm onder maaiveld zichtbaar werd. In de put zijn acht stammen opgetekend (afb. 9). Het hout daarvan is afkomstig van verschillend boomsoorten, van eik, esdoorn, els en berk.²⁹ Onderliggers zijn in deze put niet aangetroffen.

Put 3

Put 3 meet 4 bij 1 meter. In de put kwam over een lengte van 3 meter een deel van de weg, op een diepte van 70 cm onder maaiveld, te voorschijn. In de put zijn zeven houten stammen vastgelegd. Onderliggers zijn niet waargenomen. Het was opmerkelijk dat één stam ongeveer 1,4 meter buiten de wegrand uitstak (afb. 10).

Put 4

Put 4 meet 4,8 bij 1 meter. In de put kwam hout van een deel van de weg over een lengte van 3,9 meter zichtbaar, gelegen op een diepte van 105 cm onder maaiveld. In de put zijn vijf stammen opgetekend (afb. 11). Twee daarvan zijn bemonsterd voor een kwaliteitsbepaling van het hout. Onderliggers zijn in deze put niet waargenomen. Drie monsters voor micromorfologisch onderzoek zijn uit het oostprofiel genomen. Het gaat om nummers 5, 6, en 7.

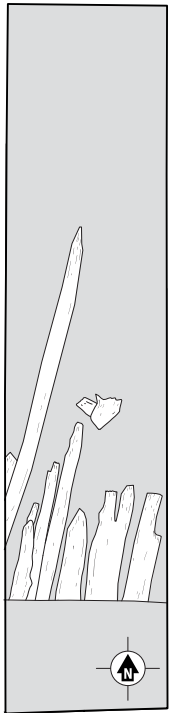
Put 5

Put 5 meet 4,7 bij 1 meter. In de put werd over een lengte van 2,1 meter hout van een deel van de veenweg blootgelegd, dat zich op een diepte van 50 cm

²⁷ Mondelinge mededeling R. Schenkel, SBB afdeling Noord.

²⁸ Stuijts, appendix 1.

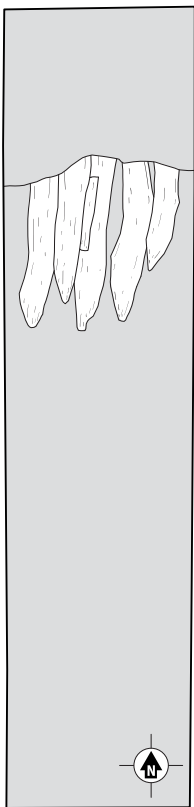
²⁹ Stuijts, appendix 1.



0 50cm put 3



Afb. 10 Blik op het vrijgelegde hout in put 3 (2004).

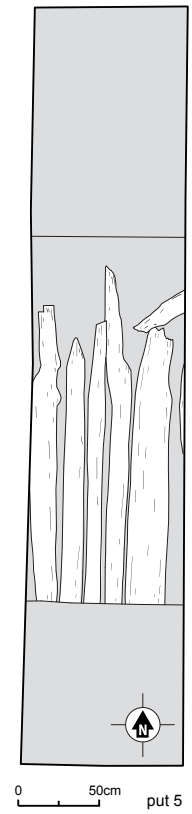


0 50cm put 4



Afb. 11 Blik op het vrijgelegde hout in put 4 (2004).

Afb. 12 Blik op het vrijgelegde hout in put 5 (2004).



Afb. 13 Blik op het vrijgelegde hout in put 6 (2004).



onder maaiveld bevond. In de put zijn zes stammen opgetekend, waarbij geen onderliggers zijn waargenomen (afb. 12).

Put 6

Put 6 meet 4,8 m bij 1 m. In de put is over een lengte van 1,7 m een deel van de veenweg blootgelegd, waarbij de houtdelen op een diepte van 60 cm onder maaiveld te voorschijn kwamen. In de put zijn 13 houten stammen opgetekend en nog enkele losse fragmenten hout (afb. 13). Onderliggers zijn niet waargenomen. In tegenstelling tot de andere putten lagen de stammen in deze put niet netjes geordend op een rijtje. Naast de vier grotere stammen lagen er kortere stukken hout, die wellicht op een later tijdstip zijn toegevoegd. Wellicht hebben we hier te maken met een gerepareerd deel van de weg. Het intacte profiel boven het wegdek hout leert ons dat het is uitgesloten dat het een deel van de weg eerder is opgegraven waarna het hout van de weg na afloop van het onderzoek weer is teruggestort. Ook uit deze put zijn monsters van het hout genomen voor een kwaliteitsbepaling. Uit het oostprofiel zijn drie monsters voor micromorfologisch onderzoek verzameld: het gaat daarbij om de monsternummers 12, 13 en 14.

4.3 Kwaliteit van het hout

Zes houtmonsters uit twee proefputten, put 4 en 6, zijn onderzocht. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het SENTER - gefinancierd project 'Opsporing schimmelaantasting'.³⁰ Macroscopisch is het hout in goede staat. De stukken zijn weliswaar in de meeste gevallen behoorlijk zacht, maar ze hebben nog hun oorspronkelijke vorm. Enkele stammen hebben nog hun originele bast. Uit analyses, uitgevoerd door de Stichting Hout Research (SHR) te Wageningen, komen de volgende resultaten (tabel 1):

Tabel 1 Analyses houtaantasting door SHR (R. Klaassen)

Legenda:

T = totale verwoesting

houtstructuur

EB= Erosie bacteriële aantasting

B = verblauwende schimmel (niet aantastend)

H = schimmeldraden (niet aantastend)

- = niets

w = weinig

m = matig

e = ernstig

Monster	Datum monsternummer	Spoornr.	Houtsoort	Omschrijving macroscopische toestand	Omschrijving aantasting
4-1-1	29-6-2004	4	Berken	samenhangend, erg zacht	T
6-1-8	30-6-2004	8	Elzen	samenhangend, erg zacht	T + H (- en w)
4-1-4	29-6-2004	1	Eiken	buitenzijde zacht, binnenkant hard	T-EBE-EBm-EBw + B
4-1-2	29-6-2004	2	Berken	samenhangend, zacht	T-EBE + H (- en w)
6-1-9	30-6-2004	3	Elzen	samenhangend, erg zacht	T- EBE + Hw
6-1-11	30-6-2004	19	Elzen	samenhangend, erg zacht	T- EBE + H

De bemonsterde houtdelen uit de veenweg vertonen een bepaalde mate van aantasting. In de meeste gevallen is deze aantasting aantoonbaar door erosiebacteriën veroorzaakt. In enkele gevallen is de structuur zodanig sterk aangetast dat niet meer vast te stellen is welke micro-organismen verantwoordelijk zijn voor de aantasting. In verschillende monsters komen schimmeldraden voor. Echter, in geen enkel monster zijn aantastingspatronen aangetroffen die typisch zijn voor houtaantastende schimmels. De schimmeldraden duiden er veeleer op dat het hout *voorafgaand aan de afdekking door veen* enige tijd uitgedroogd is geweest.

De combinatie van zacht hout en matige tot zeer sterke aantasting door erosiebacteriën wordt vrijwel overal aangetroffen in archeologisch hout.³¹ Hoewel deze vorm van aantasting resulteert in hout dat zwakker is, en gevoeliger voor schade als het uitdroogt, gaat geen archeologische informatie verloren, aangezien vorm, soortkenmerken en jaarringpatronen bewaard blijven. Stuijts rapporteert het frequent optreden van schimmels in en op houtmonsters, afkomstig uit de proefputten van 1998 (Appendix 1). Zij gaat ervanuit dat het daarbij gaat om houtaantastende schimmels, en dat het hout in matige staat is.

³⁰ Creemers & Klaassen 2005.

³¹ Klaassen 2005; Huisman et al. in voorbereiding.

Recente ervaring - met name bij de in 2003 aangetroffen Romeinse schepen van De Meern en Woerden - leert echter dat onschadelijke bodemschimmels tijdens een opgraving zó sterk kunnen groeien dat binnen één of enkele dagen duidelijk zichtbare schimmeldraden- en lichamen voorkomen op het hout. De hyphen (H) en blauwschimmels (B) in tabel 1 zijn beide van schimmels die hout niet aantasten. De aanwezigheid van houtaantastende schimmels zal moeten worden vastgesteld met microscopisch onderzoek van de aantastingsbeelden. De aanwezigheid van schimmeldraden *an sich* is niet steekhoudend genoeg om actieve aantasting aan te tonen.³²

4.4 Metingen aan het bodemmilieu

4.4.1 Grondwaterstand

Sinds januari 1995 meten medewerkers van Staatsbosbeheer vier maal per jaar de grondwaterstand op drie locaties. Deze meetlocaties, bestaande uit sets van drie peilbuizen met filters op verschillende dieptes, zijn ongeveer tien jaar geleden ingericht. Ze zijn gelegen nabij de putten 3 en 5 en ten oosten van put 6. De bovenste filters zijn aangebracht op ongeveer dezelfde diepte als het hout van de veenweg.

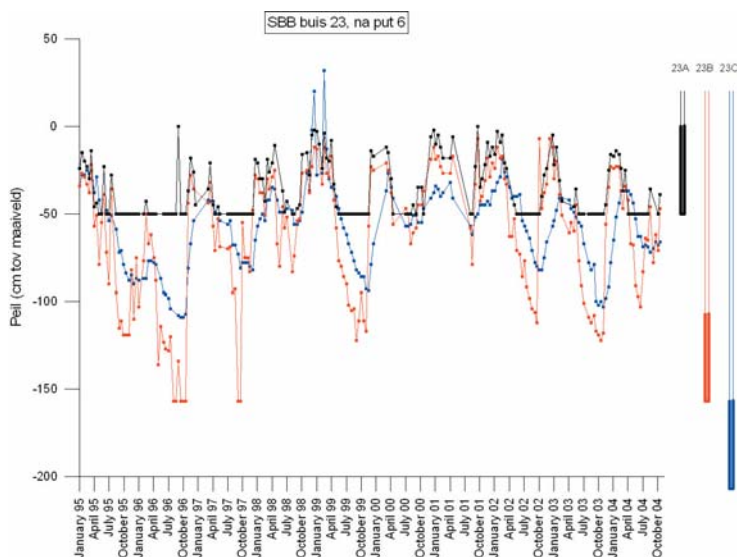
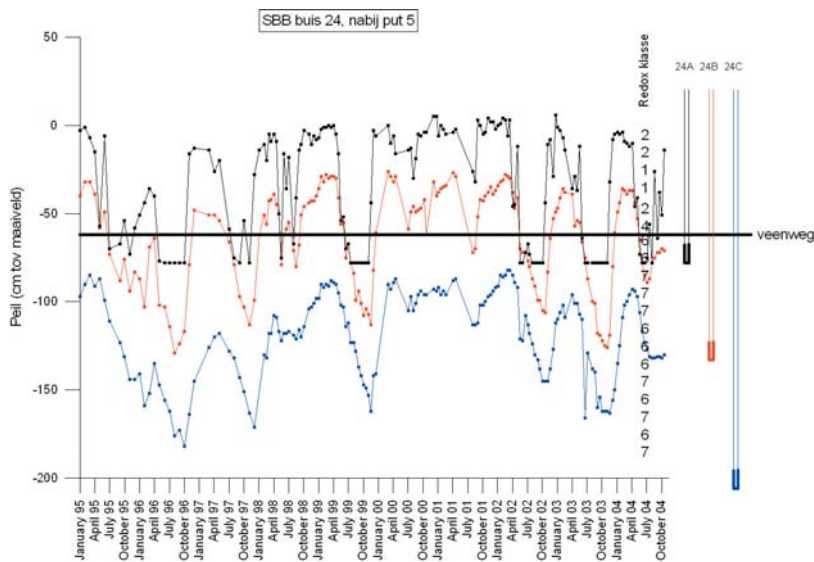
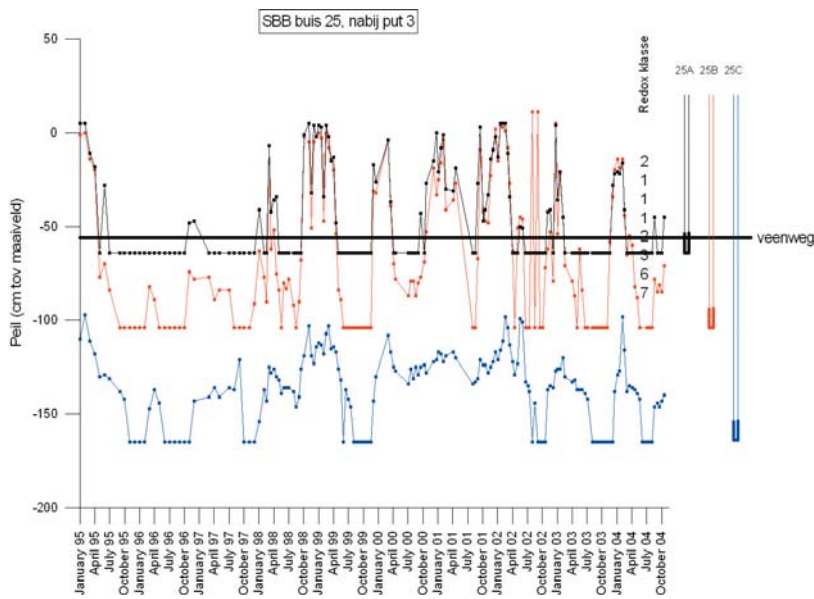
De grondwaterstandmetingen zijn aan ons beschikbaar gesteld, zodat deze gecombineerd konden worden met de resultaten van andere metingen aan het bodemmilieu. De fluctuaties van de grondwaterstand zijn weergegeven in afbeeldingen 14, 15 en 16. In deze afbeeldingen zijn rechts van de grondwaterstanden de peilbuizen met filters op verschillende dieptes ingetekend en is de diepteligging van de veenweg aangegeven. Wanneer een droge peilbuis is vastgesteld, dan is dit aangegeven door een waarneming op de diepte van de peilbuisbodem. De vlakke trajecten in de grondwaterstandcurves - die samenvallen met de onderkanten van de peilbuisfilters - moeten worden geïnterpreteerd als lage grondwaterstanden, lager dan de aangegeven dieptes van de peilbuizen.

De gemeten redoxpotentialen zijn in deze grafieken weergegeven in klassen: oplopend van klasse 1=sterk oxiderend milieu tot klasse 10=sterk reducerend milieu.

Uit de metingen blijkt dat de grondwaterstand regelmatig tot onder het niveau van de veenweg zakt. Het meest frequent gebeurt dit op de meest westelijke locatie (afb. 14, 15,16). Op de meetlocatie ten oosten van put 6 blijkt de stand van het grondwater in de peilbuis met het diepste filter regelmatig hoger te zijn dan in het middelste filter. Dat duidt op een hogere waterdruk in het onderste filter, wat doet vermoeden dat op deze plek kwel optreedt. In de meetlocaties in de nabijheid van putten 3 en 5 is er altijd sprake van infiltratie, aangezien daar de waterstanden in de verschillende filters niet deze afwijkingen vertonen. Hoewel de grondwaterstand reeds tien jaar lang wordt gemeten, is het vooralsnog onmogelijk uitspraken te formuleren over een eventuele afname van de gemiddelde waterstand in de loop der tijd. Om dat goed te kunnen staven, bieden resultaten van een grondwaterstandbepaling met een hogere meetfrequentie over een aantal decennia meer houvast.

4.4.2 Redoxpotentiaal in situ

Nabij alle putten zijn redoxmetingen uitgevoerd (afb. 17). Bij put 1 tot en met 5 is gebruik gemaakt van een sonde, een elektrode met een uiteinde van platina, die in stappen van 10 cm dieper de bodem werd geduwd, waarna de mV-meter werd uitgelezen. Bij put 6 is de redoxpotentiaal gemeten met behulp van een tijdelijke opstelling. Met deze opstelling is ook het effect van de tijdsduur van



Afb. 14, 15, 16 Grafiek grondwaterfluctuaties SBB nabij put 3. Rechts van de grondwaterstanden zijn de peilbuizen met filters op verschillende dieptes ingetekend en is de diepteligging van de veenweg aangegeven. De redoxpotentialen, die eind juni 2004 zijn gemeten, zijn weergegeven in klassen: 1=sterk oxiderend milieu tot 10=sterk reducerend milieu.

redoxmetingen gemeten (Appendix 2).

De waarden van de redoxpotentiaal geven aan dat het bodemmilieu in de omgeving van put 1, 3 en 6 op het niveau van de veenweg op dat moment - eind juni 2004 - oxiderend was. Bij de putten 2 en 5 lag de grens tussen het geoxideerde en het gereduceerde deel van de bodem nabij de diepte van de veenweg. Alleen in de directe omgeving van put 4 was de bodem op de diepte van de veenweg gereduceerd. In de oxiderende delen van de bodem zijn overwegend redoxpotentiaalwaarden tussen +400 en +800 mV SHE gemeten. Dat betekent dat er op die dieptes zuurstof in de bodem aanwezig is. In de meer reducerende delen van de bodem zijn overwegend redoxpotentiaalwaarden rond +100 mV SHE gemeten. Dat betekent dat er nitraat in de bodem aanwezig zou moeten zijn. Dit wordt bevestigd door de nitraatmetingen in het bodemvocht (overwegend 5-75 mg/l NO₃⁻; zie beneden).

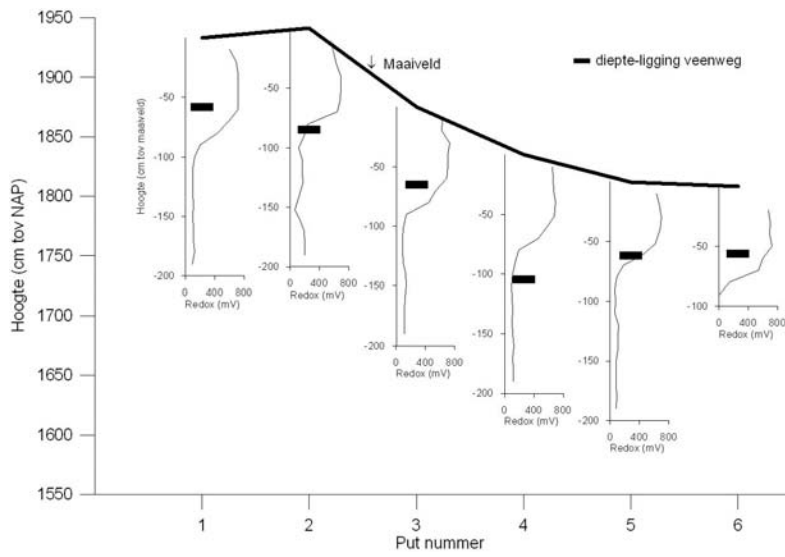
4.4.3 Zuurgraad *in situ*

Hoewel drie verschillende methodes gebruikt zijn om de zuurgraad te meten, worden in deze rapportage alleen de resultaten van de *in situ*-metingen gepresenteerd. Voor een discussie over de methodiek verwijzen we naar appendix 3. Door het steken van een ISFET-elektrode op verschillende dieptes in de vochtige bodem bij put 4 en 6 was het mogelijk een zuurgraadprofiel te ontwikkelen. Bij iedere meting gaf de elektrode snel een stabiel resultaat. In put 6 is op twee dieptes de zuurgraad zeven keer vlak bij elkaar gemeten. De meetresultaten worden weergegeven in tabel 2 en afbeelding 18.

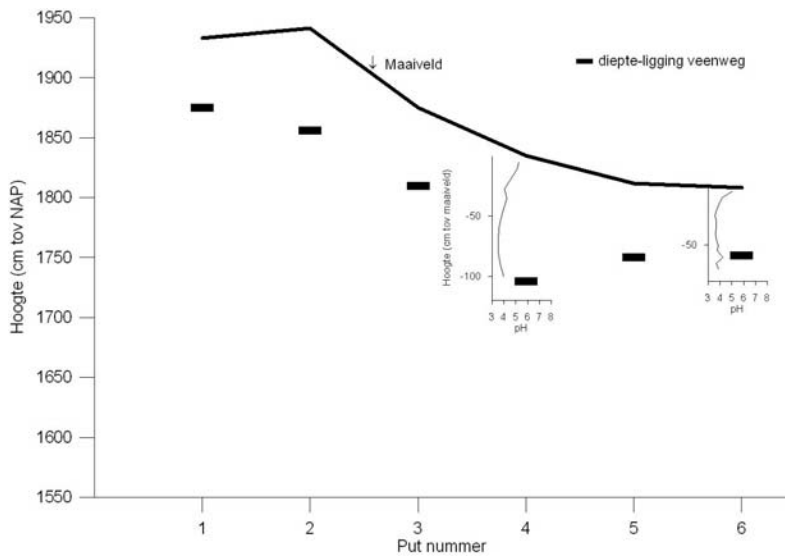
De zuurgraad van de zandige zode nabij het maaiveld ligt rond pH 5,0-5,5, in het veen eronder rond 3,5-4,0. Opvallend is dat op het niveau van de veenweg in put 6 de pH-waarde ongeveer een halve eenheid hoger is dan boven en onder de weg. Of dit verschijnsel zich ook in put 4 voordoet, is niet duidelijk, omdat de zuurgraad onder de veenweg niet is bepaald. Wel is de diepst gemeten pH-waarde, net boven de veenweg, 0,3 eenheid hoger dan erboven. Wellicht is het

Tabel 2 Overzicht van de *in situ*-metingen naar de zuurgraad van het bodemmilieu.

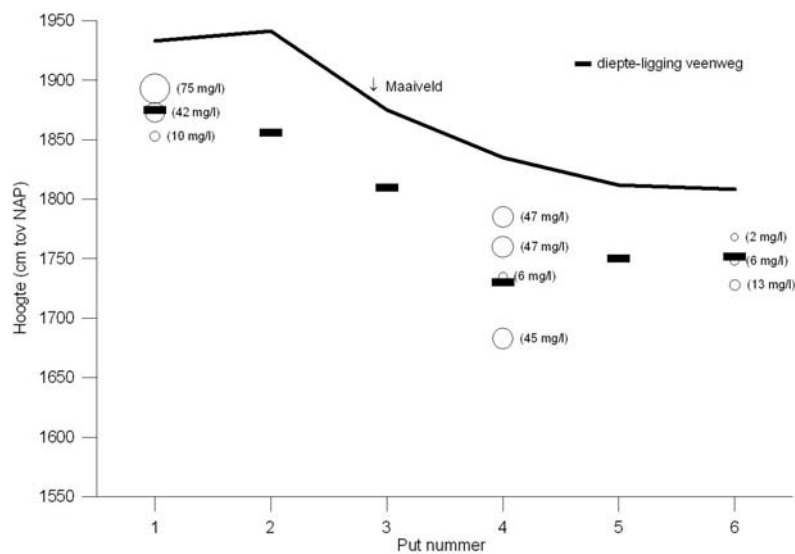
Put	Diepte cm tov NAP	Diepte cm tov mv	pH-in situ
4	1830	-5	5,3
4	1825	-10	5,1
4	1808	-27	4
4	1800	-35	4,3
4	1787	-48	3,8
4	1780	-55	3,7
4	1775	-60	3,6
4	1765	-70	3,5
4	1755	-80	3,5
4	1745	-90	3,7
4	1735	-100	4
6	1803	-5	5,1
6	1798	-10	4,2
6	1793	-15	3,9
6	1788	-20	3,7
6	1783	-25	3,6
6	1778	-30	3,7
6	1773	-35	3,7
6	1768	-40	3,6
6	1763	-45	3,7
6	1758	-50	3,8; 4,0; 4,0; 3,8; 3,6; 3,8; 3,9 (gemiddeld 3,8)
6	1753	-55	3,8
6	1748	-60	4,2; 4,0; 4,3; 4,0; 4,2; 4,5; 4,4 (gemiddeld 4,2)
6	1743	-65	3,7
6	1738	-70	3,9



Afb. 17 Metingen van de redoxpotentiaal in samenhang met de ligging van de veenweg.



Afb. 18 Grafiek van de pH-metingen *in situ* in samenhang met de ligging van de veenweg.



Afb. 19 Concentraties nitraat in het bodemvocht in samenhang met de ligging van de veenweg.

hout van de veenweg van zichzelf minder zuur dan het veen of er zijn met het hout andere stoffen aangevoerd die minder zuur zijn of een zuurneutraliserende werking hebben. Een andere mogelijkheid is dat er in of nabij het hout van de veenweg processen zich afspelen die de pH-waarde iets verhogen.

4.4.4 Nutriënten in het poriewater

Inleiding

Tabel 3 geeft de gehalten nitraat, ammonium, kalium en fosfor (P) weer die in het bodemvocht zijn vastgesteld. In de monsters zijn zowel de gehalten aan nitraat als ammonium gemeten. Hoewel de ammoniumgehalten niet verwaarloosbaar zijn, zijn de nitraatgehalten zóveel hoger, dat die het stikstofbeeld domineren. Dat is de reden dat ammonium in de verdere bespreking buiten beschouwing wordt gelaten. De andere parameters worden in de komende paragrafen wel aan de orde gesteld.

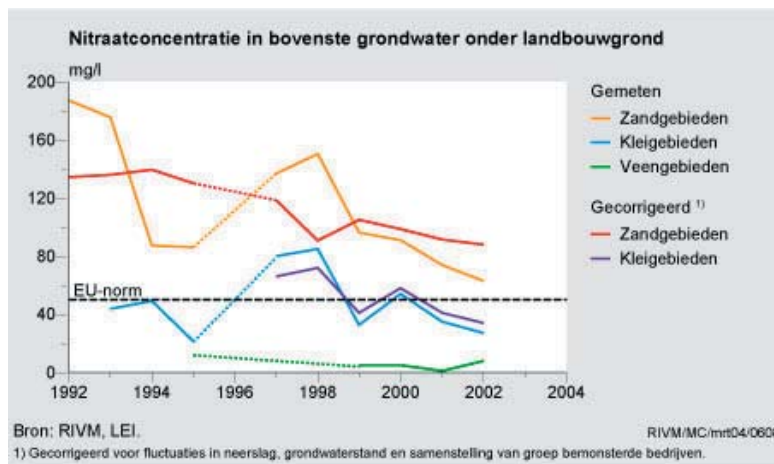
Nitraat

Het verloop van nitraat met de diepte op de verschillende locaties is weergegeven in afbeelding 19. Dit beeld laat een grote variatie zien in de aangetroffen gehalten, zowel tussen de verschillende meetlocaties als binnen één locatie. Bij put 6 zijn de nitraatwaarden zeer laag (2, 6 en 13 mg/liter op 40, 60 en 80 cm diepte). Dit zijn waarden die ruim onder de drinkwaternorm van 50 mg/liter liggen. Dat kan op twee zaken duiden. Dat er geen andere bron is voor nitraataanrijking dan regen- of kwelwater of dat het hoogveen (nog) zo reactief is dat nitraat snel wordt afgebroken. In beide gevallen is het resultaat dat de concentratie nitraat op het niveau van de veenweg laag is.

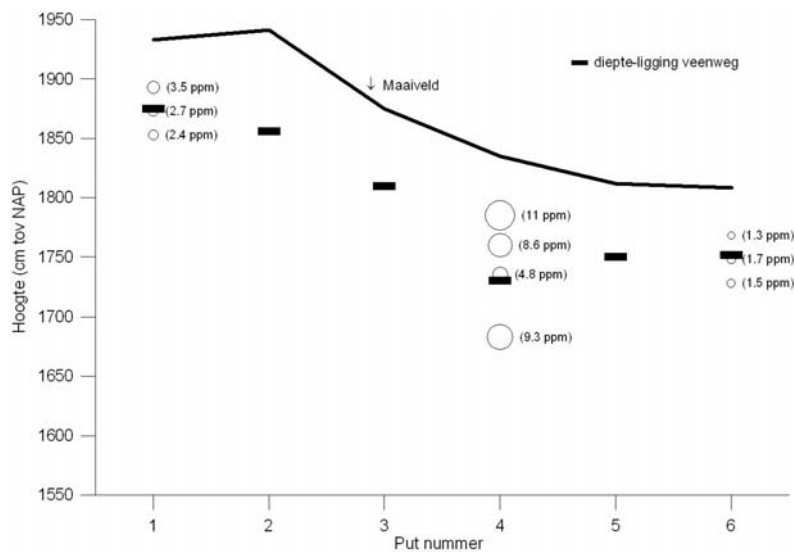
De concentraties nitraat bij de putten 1 en 4 zijn hoog. In beide gevallen nemen de nitraatwaarden af met de diepte, wat een indicatie is voor een nitraataanrijking van bovenaf, vermoedelijk de invloed van bemesting. Opvallend is de lage concentratie nitraat bij put 4 op de niveau van de veenweg. Deze lage waarde is een aanwijzing dat het hout van de veenweg met nitraat reageert, een proces dat de afbraak van nitraat tot gevolg heeft. Echter, deze verklaring staat in contrast met de hogere nitraatwaarde onder de veenweg. Als we de concentraties nitraat van Nieuw-Dordrecht vergelijken met gegevens van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) dan blijkt dat de nitraatconcentraties hoog zijn voor veengebieden, en maar net onder de EU-norm voor grondwater blijven (afb. 20). Aangezien de concentratie van nitraat in neerslag laag is - ongeveer 4 mg/liter - en nooit voor deze hoge concentraties kan zorgen, moeten we aannemen dat deze terreinen worden bemest. Een alternatieve verklaring zou kunnen zijn dat er een grote atmosferische depositie is van nutriënten.

Tabel 3 Gehaltes nitraat, ammonia, kalium en fosfor in bodemvochtmonsters .

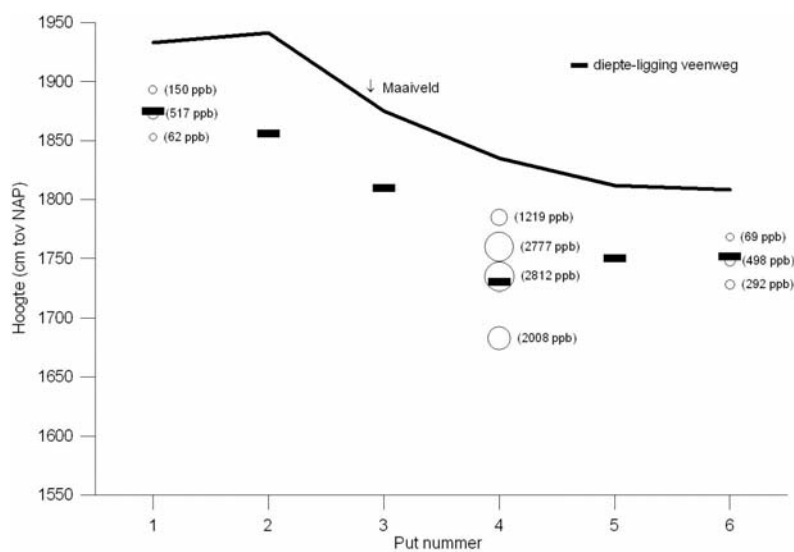
Put	Diepte (cm tov NAP)	Diepte (cm tov mv)	nitraat (mg/l)	ammonia (mg/l)	kalium (mg/l)	fosfor (P) (µg/l)
1	1893	-40	75	0,5	3	150
1	1873	-60	42	0,25	3	520
1	1853	-80	10	0,05	2	60
4	1785	-50	47	1,1	11	1220
4	1760	-75	47	2,84	9	1780
4	1735	-100	6	1,88	5	2810
4	1683	-152	45	5,27	9	2010
6	1768	-40	2	0,49	1	70
6	1748	-60	6	0,7	2	500
6	1728	-80	13	0,76	1	290



Afb. 20 Nitraat in bovenste grondwater onder landbouwgrond (bron: RIVM, zie link <http://www.rivm.nl/milieuennatuurcompendium/nl/i-nl-0271-05.html>).



Afb. 21 Concentraties kalium in het bodemvocht in samenhang met de ligging van de veenweg.



Afb. 22 Concentraties fosfor in het bodemvocht in samenhang met de ligging van de veenweg.

Kalium

De gehalten aan kalium in het poriewater zijn per locatie en diepte weergegeven in afbeelding 21. Opnieuw blijkt dat bij put 6 relatief lage concentraties voorkomen. Op de andere meetlocaties zijn de concentraties beduidend hoger. De waarden bij putten 1 en 6 komen overeen met de gebruikelijke concentraties in 'ondiep grondwater', dat wil zeggen op 10 m diepte, onder natuurgebieden (ongeveer 2,5 ppm) of onder hoogveen dat als cultuurgrond in gebruik is (ongeveer 3,5 ppm). Bij put 4 lijkt wel enige invloed van bemesting te zijn (afb. 21).

Fosfor (P)

De gehalten aan fosfor (P) zijn weergegeven in afbeelding 22. Nabij put 4 zijn de P-gehalten in het bodemvocht opnieuw aanzienlijk hoger dan op de andere locaties. Echter, in tegenstelling tot kalium en stikstof, is op elk van de drie meetlocaties het P-gehalte het hoogst op het niveau van de veenweg (afb. 22).

4.4.5 Koolstof-/stikstofverhouding

Aan de bodemmonsters uit put 4 en 6 is op een aantal dieptes de C/N-verhouding bepaald (tabel 4).

De gevonden C/N-verhoudingen vallen binnen de te verwachten C/N-verhoudingen in veen.³³ De C/N-verhoudingen op de diepte van de veenweg is voor put 4 kleiner dan voor put 6. Dit betekent dat er in put 4 meer stikstof in de vaste fase beschikbaar is dan in put 6. In hoeverre dit echter beschikbaar komt in de vloeibare fase, is echter niet duidelijk. De verschillen zijn niet zo groot dat er verwacht wordt dat er een variatie is in de afbreekbaarheid van het veen.

33 *Kuhry & Vitt 1996.*

Put	Diepte cm tov NAP	Diepte cm tov mv	C/N-verhouding
4	1798	-37	73
4	1781	-55	54
4	1768	-68	44
4	1754	-81	48
4	1736	-99	44
6	1764	-45	50
6	1749	-60	68
6	1728	-81	47

Tabel 4 C/N verhoudingen. De monsters die qua diepte het dichtst bij de veenweg liggen zijn gemarkeerd.

4.5 Micromorfologisch onderzoek aan het veenprofiel

4.5.1 Inleiding

In het geval van de veenweg van Nieuw-Dordrecht richtte het micromorfologisch onderzoek zich op de gevolgen van uitdroging op het veen. Door het bodemprofiel op verschillende dieptes te bemonsteren, was het mogelijk een beeld te geven van de huidige situatie. In hoeverre is het veenprofiel boven het wegdek hout uitgedroogd? Met de resultaten is het bovendien mogelijk om een beredeneerde uitspraak te formuleren over de toekomst van de weg. Immers, als blijkt dat het veen boven de weg is aangetast, dan zal het maaiveld in de loop van de tijd dalen, waardoor het hout zodanig ondiep komt te liggen dat er alsnog aantasting zal plaatsvinden.

De gevolgen van degradatie, bijvoorbeeld van uitdroging, zijn in slijpplaten goed waar te nemen. Een van de eerste kenmerken is dat er scheuren ontstaan omdat het veen krimpt. Vervolgens worden allerlei vormen van bodemleven actief die de organische stof consumeren. Het gaat dan om microfauna als mijten, springstaarten, wormen, pissebedden, enz. en eventueel om macrofauna als mollen of muizen. Ook de invloed van plantenwortels kan door uitdroging groter worden, doordat de wortels dieper in het bodemmilieu doordringen. Daarnaast tasten verschillende soorten schimmels en bacteriën het veen aan. In slijpplaten zijn de sporen van dergelijke aantasting goed herkenbaar: krimp zorgt zichtbaar voor het irreversibel in elkaar storten van de structuur van de organische resten. De verschillende vormen van vraat zorgen ervoor dat de sedimentaire structuur wordt verstoord en dat er uiteindelijk geen herkenbare plantenresten overblijven. Vraat door microfauna is onder meer herkenbaar door de uitwerpselen. Deze worden *faecal pellets* genoemd.

4.5.2 Waarnemingen

De analyse - waarneming en interpretatie - van de zes slijpplatenmonsters uit de twee profielen van Nieuw-Dordrecht is uitgevoerd door Toine Jongmans en de tweede auteur. In deze paragraaf staan de gedetailleerde waarnemingen per slijpplaat centraal.

Monsternummer 05-003/5 Locatie: put 4, 112-105 cm -mv, 17,22-17,29 m +NAP

In deze slijpplaat zijn vrijwel geen sporen van aantasting aanwezig. Hier en daar zijn *faecal pellets* zichtbaar. Schimmeldraden komen sporadisch voor. Onderin de slijpplaat zijn enkele aangevreten, geïsoleerde stukken met organisch materiaal, *faecal pellets* en schimmeldraden te herkennen.

Monsternummer 05-004/6 Locatie put 4, 84-77 cm -mv, 17,50-17,57 m +NAP

Deze slijpplaat is goed vergelijkbaar met de vorige. In één laag is een concentratie schimmeldraden herkenbaar. De horizontale positie daarvan suggereert enige vorm van sedimentatie. Een andere laag bestaat met name uit verbrand materiaal, waar niet-aangetast materiaal doorheen is gegroeid. Mogelijk is ook hier sprake van enige sedimentaire processen.

Monsternummer 05-005/7 Locatie put 4, 34-27 cm -mv, 18,00-18,07 m +NAP

In deze slijpplaat zijn lagen met zeer open veenstructuur (wollegras) te herkennen. Grofweg 5% daarvan vertoont enige vorm van aantasting. In alle gevallen is die geconcentreerd en beperkt tot één plantdeel. Schimmeldraden komen sporadisch voor. Er zijn geen sporen van aantasting door grotere bodemdieren waargenomen en slechts een zeer beperkte aantasting door kleinere bodemdieren.

Monsternummer 05-006/12 Locatie put 6, 86-79 cm -mv, 17,34 tot 17,41 m +NAP

Deze slijpplaat toont een vrij rommelig geheel. Onderin de slijpplaat is sterk aangevreten organische stof herkenbaar. *Pellets* ontbreken, maar sterk aangevreten organische resten (ingekorte vezels) komen voor. *Pellets* zijn naderhand vervloeid. Er is vrijwel geen cellulose aanwezig. Naar boven toe wordt het beeld bleker van kleur. Plantenresten zijn vrijwel intact. Cellulose komt meer voor en er zijn geen vervloeiende aangevreten resten aanwezig. Het karakter is gelaagd, bruin en fijn getextureerd. Deze afwisseling herhaalt zich een paar keer. Mogelijk wijst deze gelaagdheid op sedimentaire processen. Vrij hoog in de slijpplaat, op de grens tussen veraard veen en een laagje onaangetast veen bevinden zich enkele zandkorrels en wat houtskool.

Monsternummer 05-007/13 Locatie put 6, 65-58 cm -mv, 17, 45-17,52 m +NAP
Evenals de vorige slijpplaat vertoont dit monster een rommelige structuur, bestaande uit een stapeling van geïsoleerde brokken. Mogelijk is dit ontstaan tijdens de monstername in het veld. Het veen is geheel veraard en bestaat uit mechanisch verkleinde, bruine plantenresten, fijn materiaal en sterk gehumificeerde, bruine, fijne grondmassa.

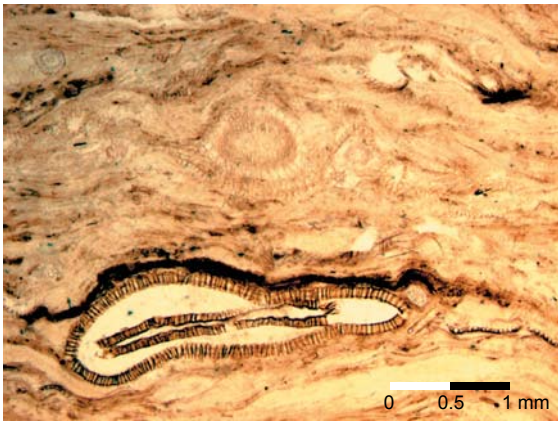
Monsternummer 05-008/14 Locatie put 6, 50-43 cm -mv, 17,60-17,67 m +NAP
Deze slijpplaat toont een erg fijne grondmassa zonder celstructuren met daarin zeer grote stukken organisch materiaal, mogelijk het gevolg van doorworteling. Soms is ondanks de sterke mate van veraardheid toch enige gelaagdheid te onderscheiden tot bovenaan. De schijnbaar homogene, bruine achtergrond die af en toe voorkomt, bestaat waarschijnlijk uit vervloeide *faecal pellets*. Andere delen blijken bij sterkere vergrotingen toch een duidelijk herkenbare structuur te hebben, en zijn dus niet veraard. De afwisseling tussen sterk en niet veraard veen komt voor in lagen, niet in clusters.

4.5.3 Discussie

Uit de waarnemingen aan de slijpplaten blijkt dat beide bemonsterde veenprofielen een sterke afwisseling vertonen in de mate van aantasting. Lagen die in sterke mate zijn vergaan, waar micro- en macrofauna het veen sterk hebben aangevreten en gedegradeerd, wisselen af met lagen waar het veen in het geheel niet of slechts lokaal is aangetast. De weinig of niet aangetaste veenlagen bestaan uit goed bewaarde, grote plantenresten, die nog zoveel kristallijne cellulose bevatten dat ze ook in gepolariseerd licht goed zichtbaar zijn (afb. 23). In sommige gevallen is een zeer open structuur bewaard gebleven (afb. 24). Een dergelijke structuur kan alleen blijven bestaan als deze volledig met water is verzadigd, aangezien een fase van uitdroging meteen zou zorgen voor irreversibele instorting van de structuur en aantasting van het organisch materiaal.

De meest milde vorm van aantasting bestaat uit *faecal pellets*, uitwerpselen van bodemdierpjes die van de plantenresten hebben gegeten. In de lagen met weinig aantasting komen sporadisch eilandjes voor met duidelijk herkenbare *pellets*, die zich beperken tot één plantfragment (afb. 25). In iets sterker aangetaste lagen komen de *pellets* algemener voor, en vaak ook samengedrukt in grotere, meer amorfe stukken organisch materiaal (afb. 26). Daarnaast komen ook duidelijk zichtbare concentraties schimmeldraden voor (afb. 27). In de meeste gevallen zijn die draden bruin, wat erop wijst dat deze schimmeldraden fossiel zijn. Lichtgekleurde, levende schimmeldraden zijn niet aangetroffen. In een verder gevorderd stadium van aantasting bestaat de grondmassa nog steeds uit herkenbare plantenresten, maar ze zijn ingekort en vertonen geen of variabele dubbelbreking (afb. 28). Kennelijk is de laag doorgraven door bodemfauna, die een deel van de plantenresten heeft omgezet en een deel ongemoeid heeft gelaten. Gelaagdheden en macrostructuren zijn deels verstoord, maar nog wel herkenbaar in de slijpplaten. In het finale stadium - volledig veraard - bestaat het veen uit stukken plantenresten in een matrix van amorfe organische stof (afb. 29). Het materiaal is niet meer dubbelbrekend. Lagen (vrijwel) zonder aantasting liggen vaak met een scherpe grens bovenop lagen die sterk zijn aangetast (afb. 30), en komen bovendien op beide locaties voor tot vrijwel bovenin het veenprofiel.

Naast observaties over de mate van aantasting van het veen kwamen bij het micromorfologische onderzoek enkele andere zaken aan het licht. In de eerste plaats is in een van de slijpplaten (05-006/12/56-49 cm put 6) een serie zandkorrels waargenomen in een goed bewaarde veenlaag, net boven de grens met een onderliggende sterk veraarde laag (afb. 30). De aanwezigheid van



A

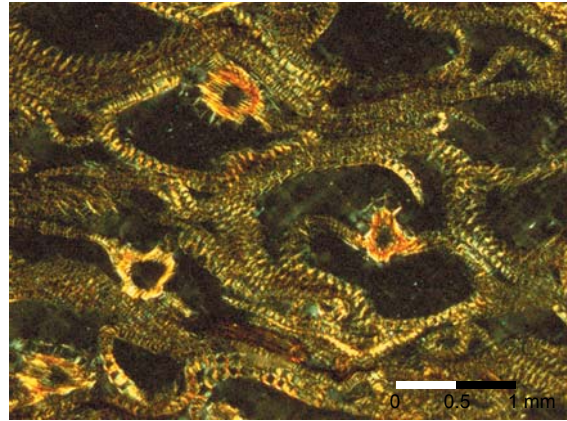


B

Afb. 23 Onverweerd veen in gewoon (a) en gepolariseerd (b) licht. Een groot aantal plantstructuren is herkenbaar. De lichte kleuren in afbeelding 23b duiden op de aanwezigheid van onverweerde cellulose: dit geeft aan dat dit materiaal niet of nauwelijks is aangetast (slijpplaat 05-003) (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).

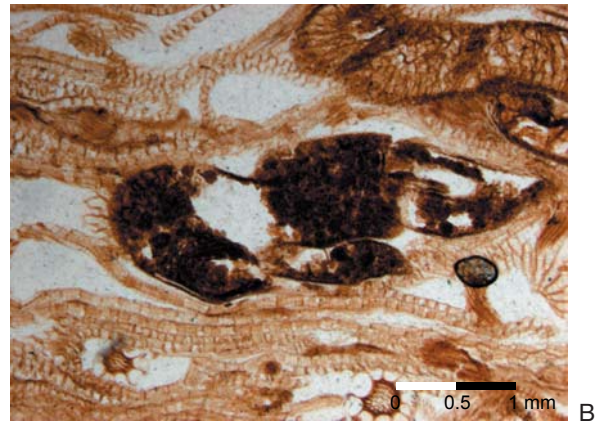
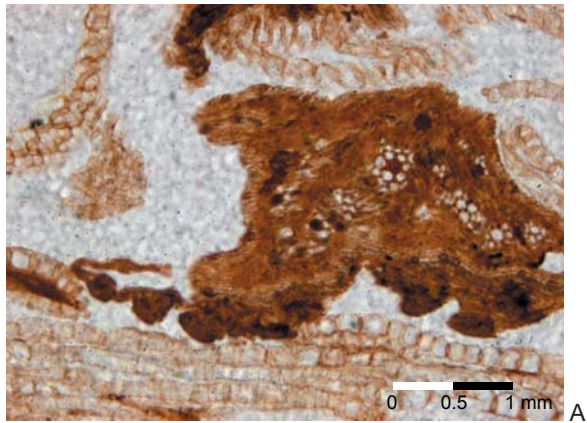


A

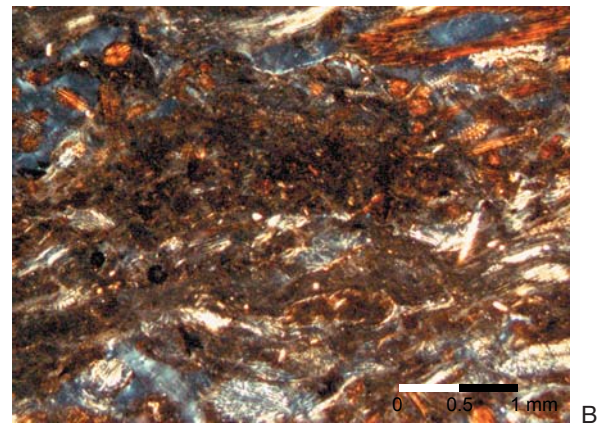
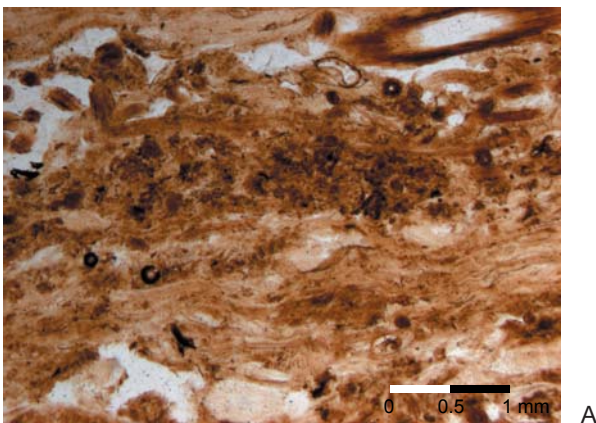
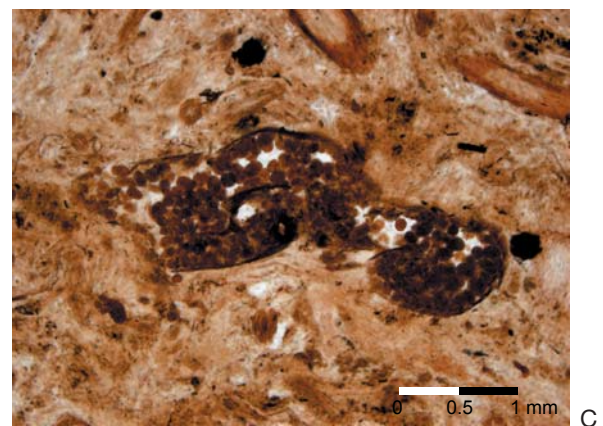


B

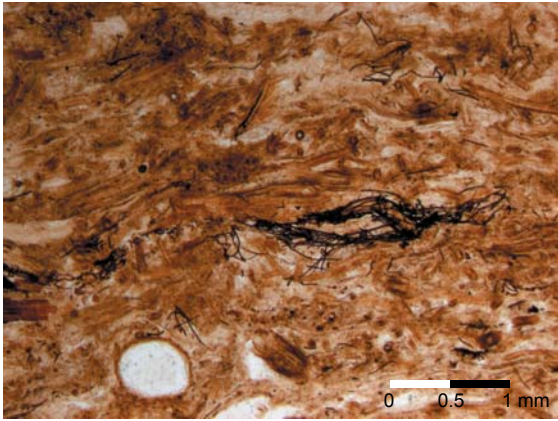
Afb. 24 Onverweerd sphagnumveen met een zeer open structuur in normaal licht (a) en gepolariseerd (b) licht. De open structuur wijst erop dat sinds depositie geen compactie of aantasting van de structuur heeft plaatsgevonden. De lichte delen in (b) geven daarnaast ook aan dat cellulose nog steeds in ruime mate aanwezig is en dat microbiële aantasting niet of zeer beperkt heeft plaatsgevonden (slijpplaat 05-005) (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).



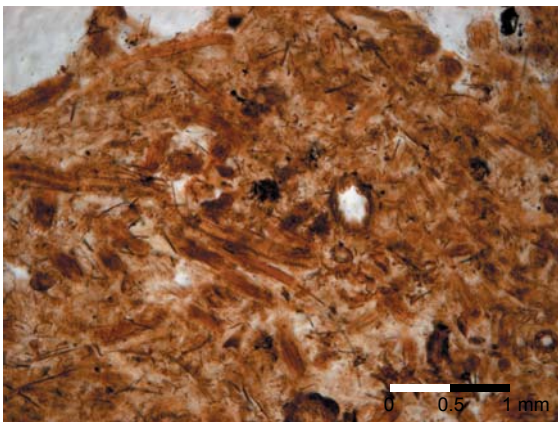
Afb. 25 Verschillende soorten plantenresten van *faecal pellets* (uitwerpselen van bodemfauna), in afbeelding a in normaal licht (slijpplaat 05-005). Afbeelding b toont - in normaal licht - een cluster *faecal pellets* in onverweerd sphagnumveen met een zeer open structuur (slijpplaat 05-005; zie ook afb. 24). De afbraakactiviteiten van bodemfauna in ruimtelijk beperkt gebleven. In afbeelding c is een cluster *faecal pellets* in een vrij sterk gedegradeerde bodemmassa zichtbaar, in normaal licht (slijpplaat 05-006) (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).



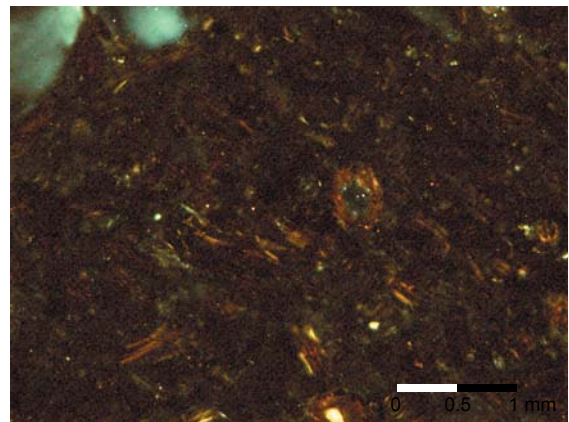
Afb. 26 Laag met aangetaste plantenresten en *faecal pellets* in normaal licht (a) en gepolariseerd licht (b), waargenomen in slijpplaat 05-003. De oplichtende delen (in b) geven aan dat nog steeds sommige plantenresten onaangetaste cellulose bevatten. De meeste resten blijven echt donker wat erop wijst dat cellulose is afgebroken (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).



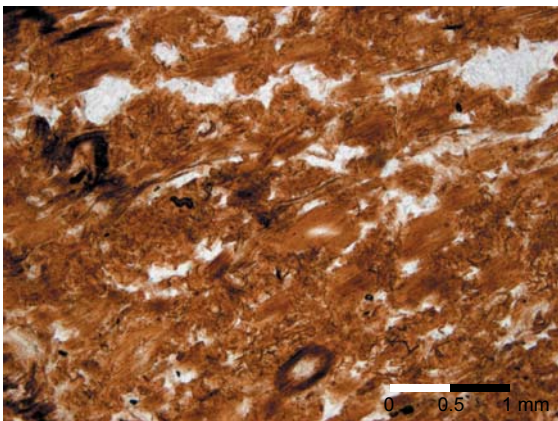
Afb. 27 Clusters schimmeldraden in bodemmassa, in normaal licht (slijpplaat 05-004). De donkere kleur van de schimmeldraden is mogelijk een gevolg van impregnatie met humuszuren (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).



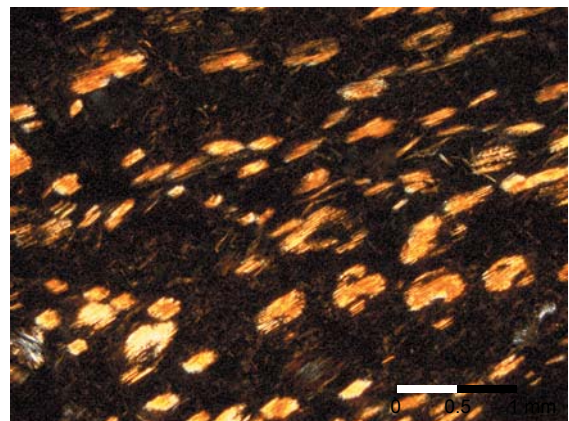
A



B



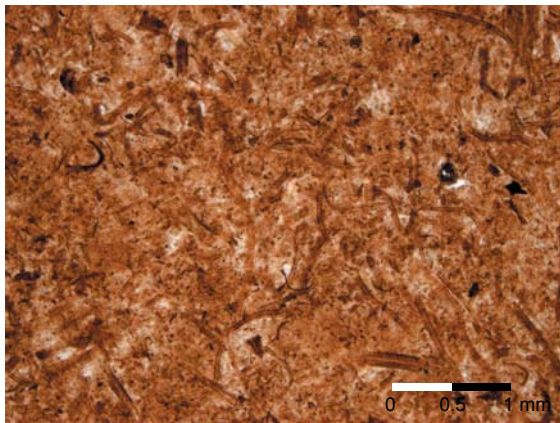
C



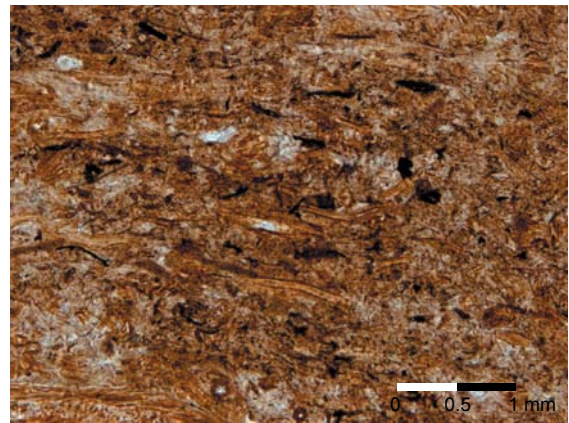
D

Afb. 28 Halfveraard veenlaagje in normaal licht (a) en gepolariseerd licht (b), in slijpplaat 05-006. Plantstructuren zijn nog herkenbaar, maar zijn wel gefragmenteerd. Een groot deel van de grondmassa bestaat uit amorphe organische massa, waarin ook stukjes schimmeldraad herkenbaar zijn. In gepolariseerd licht (b) ontbreken celluloserijke (oplichtende) delen. Het geheel duidt op een combinatie van microbiële afbraak en vraat door bodemfauna.

Inhomogeen aangetast veen in normaal (c) en gepolariseerd licht (d), in slijpplaat 05-007. De bodemmassa bestaat uit een volledig omgezette massa, waarin een groot aantal domeinen voorkomt die niet zijn aangetast en zelfs in gepolariseerd licht (d) celluloserijk blijken te zijn (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).

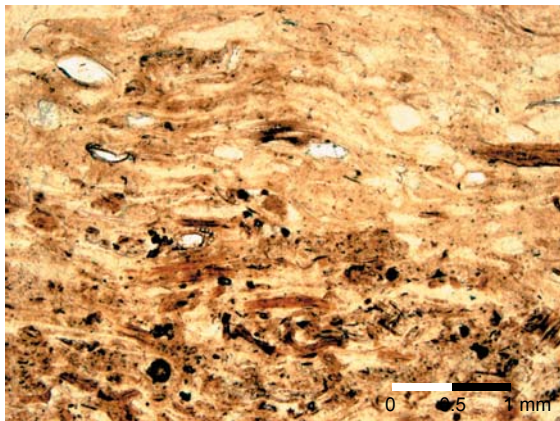


A

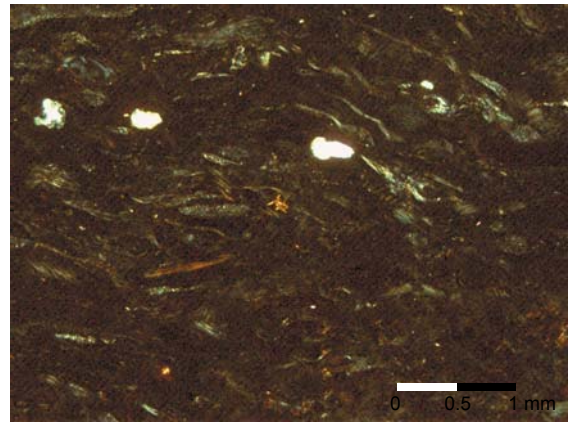


B

Afb. 29 Twee voorbeelden van veraard veen, in normaal licht: in slijpplaat 05-007 (a) en in slijpplaat 05-008 (b) (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).

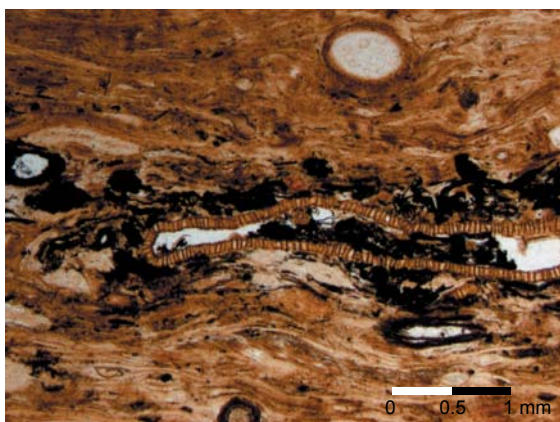


A



B

Afb. 30 Veraard veen met erboven, met een vrij scherpe grens, niet-veraard veen, in normaal licht (a) en gepolariseerd licht (b). Rond de grens zijn vier grove kwartskorrels herkenbaar (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).



Afb. 31 Laagje met verkoold materiaal, in slijpplaat 05-004, in normaal licht (zie voor een kleurenversie van deze afbeelding de appendix kleurenplaten achterin).

een dergelijk zandlaag kan wijzen op een periode met verstuiving (verstoven dekzand vanaf de Hondsrug) of het zou een gevolg kunnen zijn van menselijke activiteiten in het verleden op deze locatie.

Ook het verkoold plantenmateriaal dat in één of twee lagen in deze slijpplaat werd herkend, kan beschouwd worden als antropogene indicator (afb. 31). Een andere optie is dat het gaat om de resten van een veenbrand. Dat het verkoolde plantenmateriaal een overblijfsel zou zijn van activiteiten van de zogenaamde boekweitbrandcultuur, is veel minder plausibel. De diepte van de laag en de overgroeiing met veen pleiten daar tegen.

4.5.4 Interpretatie

Het voorkomen van lagen veen (vrijwel) zonder aantasting bovenop lagen die sterker zijn aangetast, duidt er op dat de aantasting van de onderste laag fossiel is en niet het resultaat van een actief recent proces. De bovenste veenlaag is gevormd op het moment dat de degradatieproces van het onderliggende pakket was verminderd. Als dat niet het geval zou zijn geweest dan vertoonde de overliggende laag een sterkere mate van aantasting. De lokale eilandjes van aantasting die voorkomen in lagen met intact veen, zouden het gevolg kunnen zijn van aantasting van plantenresten voordat het werd afgedekt - helemaal als de aantasting zich beperkt tot één plantenrest. Het is in ieder geval niet een gevolg van veraardingsprocessen door recente uitdroging. In de profielen van put 4 en 6 komen laagjes intact veen voor, ondiep onder het maaiveld. Dat duidt erop dat alle in het veenpakket waargenomen vormen van degradatie het gevolg zijn van processen uit het (verre) verleden, en dat op dit moment geen degradatie van veenpakket plaatsvindt tot de diepte van het hoogst onderzochte monster. De enige activiteit die mogelijk wel invloed zou kunnen hebben op het veenprofiel en de veenweg zelf is de aanwezigheid van dunne worteltjes die het veenpakket (en de weg) bij put 6 doorboren.

5 Conclusies, discussie en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De kijkoperatie op de veenweg van Nieuw-Dordrecht heeft een aantal resultaten opgeleverd, waarbij een beter inzicht in de locatie van de weg, verticale opbouw van het bovenliggende pakket, de kwaliteit van het hout en het conserverend vermogen van het bodemmilieu is verkregen. In de onderstaande paragrafen wordt een antwoord geformuleerd op de onderzoeksvragen, zoals die in paragraaf 2.3 waren verwoord.

Locatie en opbouw

Uit de tijdelijke ontsluiting is duidelijk geworden dat de veenweg ligt op de plaats waar dit op basis van het eerder uitgevoerde onderzoek met de glasfiberprikstok werd verwacht. Op locaties waar een voelbare weerstand of een hard object was geconstateerd, bleek inderdaad hout van de veenweg aanwezig te zijn. Ook de diepteligging bleek goed overeen te komen. Het wegdekhout in de vier proefputten bevindt zich 50 tot 105 cm onder maaiveld. Op basis daarvan kan dan ook geconcludeerd worden dat het onderzoek zoals dat is uitgevoerd in het voorjaar van 2004 succesvol is geweest: een prikstokmethode levert voor het opsporen van veenwegen in een relatief zachte ondergrond betrouwbare resultaten op. Een belangrijke voorwaarde is wel dat er in de onmiddellijke nabijheid van de weg weinig natuurlijk hout voorkomt. De oude foto's van het onderzoek naar de weg in 1955 en 1964 tonen aan dat - althans in de vrijgelegde strook - natuurlijk hout nauwelijks aanwezig is.³⁴ Helaas leverde de prikactie in het meest oostelijk gelegen perceel vooralsnog geen positieve aanwijzingen op de aanwezigheid van een wegtracé. Dat resultaat is zeer waarschijnlijk te wijten aan methodiek: de glasfiberprikstok - met een vaste lengte van 1,5 m - was ontoereikend. Of dit negatieve resultaat inderdaad het gevolg van een onjuiste methode - het hout van de veenweg ligt dieper - of van het werkelijk ontbreken van hout in de ondergrond zou bij een vervolgonderzoek bestudeerd kunnen worden. Aangezien een glasfiberprikstok slechts door één persoon te hanteren is en een langere dan 1,5 m praktisch ongeschikt is, luidt de aanbeveling om bij een toekomstig prikonderzoek met een smalle guts - bediend door twee personen - de veenondergrond te penetreren tot het moment van een voelbare weerstand of een hard object.

Het bodemprofiel boven het wegdekhout laat zien dat de weg is ingebed in een voormalig hoogveenpakket, dat deels is veraard. De bovenste laag bestaat uit een 20 cm dik bezandingsdek.

Conserverend vermogen van het bodemmilieu

Op grond van de metingen aan het grondwaterpeil kan geconcludeerd worden dat bij de putten 3 en 5 er sprake is van infiltratie, ten oosten van put 6 wordt kweldruk vermoed. De fluctuaties in relatie tot de diepteligging van de veenweg wijzen erop dat het hout in drogere periodes voor een groot deel boven het grondwaterpeil zou liggen.

Hoewel beseft moet worden dat redoxbepaling een momentopname is, wijzen de metingen aan het bodemmilieu erop dat er een zone boven het grondwater is waar het milieu zuurstofloos is. Wat de exacte dikte van deze anaërobe zone is, is niet bekend aangezien de metingen in trajecten van 10 cm zijn uitgevoerd en een directe koppeling aan de grondwaterpeil is vooralsnog niet mogelijk. Wel kunnen we stellen dat een deel van de bodem kennelijk waterverzadigd blijft boven het grondwaterpeil als gevolg van een goed vochtvasthoudend vermogen van het veen. Het bodemmilieu rond de veenweg is nergens sterk reducerend, er is steeds nitraat aanwezig. De zuurgraad is zodanig laag, te weten pH 3,5-4,0, dat deze waarschijnlijk de activiteit van micro-organismen remt.

³⁴ Zie bijvoorbeeld Casparie et al. 2004:fig. 9.

De concentraties nutriënten in het bodemvocht tonen verhoogde concentraties bij put 4, zelfs tot onder het niveau van het wegdek hout. Ook een vergelijking van de koolstof-/stikstofgehaltes laat zien dat er nabij put 4 meer stikstof beschikbaar is dan nabij put 6. Opvallend is tot slot dat de concentratie fosfor (P) in het bodemvocht in alle drie de putten 1, 4 en 6 het hoogst is op het niveau van de weg. Een eenduidige verklaring is daarvoor nog niet te geven. Recent onderzoek geeft aan dat aantasting van hout door erosiebacteriën wordt versterkt in situaties waar relatief veel water door het hout stroomt.³⁵ Waarschijnlijk zorgt deze waterstroming voor verspreiding van de bacteriën, afvoer van afvalstoffen en aanvoer van nutriënten. De analyses ter plekke van de veenweg geven aan dat gebrek aan nutriënten geen limiterende factor zal zijn voor de werking van de erosiebacteriën.

Kwaliteitsbepaling van het hout

Uit de analyses van het hout blijkt dat aantasting is opgetreden door zogenaamde erosiebacteriën. Deze vorm van aantasting komt algemeen voor in waterverzadigd hout. Het resulteert in verlies aan massa en sterkte, en maakt het hout extreem gevoelig voor schade door uitdrogen. Vorm en informatie waarde van houten objecten blijven echter onaangetast.³⁶ Ernstiger vormen van aantasting, zoals degradatie door zachtrot-, witrot- of bruinrotschimmels, zijn niet aangetroffen.

De micromorfologische analyses geven aan dat tijdens de vorming van het veenpakket fases optraden van sterke degradatie. Dit is waarschijnlijk een gevolg van drogere perioden in tijden dat het veen aan het oppervlak lag. Echter, de aanwezigheid van intact, onaangetast veen geeft aan dat in recente tijden geen aantasting is opgetreden als gevolg van uitdroging van het veen. Kennelijk is het veenpakket zó efficiënt in het vasthouden van vocht dat de bodem tot tientallen centimeters boven het grondwater volledig waterverzadigd is.

Aantasting van hout door witrot en bruinrot - de twee meest bedreigende vormen van houtdegradatie - is alleen mogelijk als het hout (en dus ook het overliggende veenprofiel) uitdroogt. Met andere woorden: deze schimmels worden actief als er voldoende zuurstof rondom het hout aanwezig is. Wanneer de bodem waterverzadigd is maar met regelmaat langdurig droogvalt, kan zuurstof het waterverzadigde hout alleen door diffusie binnendringen. Het gaat daarbij om ondiepe binnendringing, in de buitenschil van het hout, waardoor de zuurstofconcentraties laag blijven. Zo laag dat dit onvoldoende is voor de ontwikkeling van agressieve witrot- of bruinrotschimmels.

Uit het micromorfologisch onderzoek blijkt dat op de locatie van de veenweg een dergelijke uitdrogingsproces (nog) niet van invloed is. Aantasting door zachtrot kan optreden in waterverzadigd hout, mits er een sterke aanvoer is van zuurstof. Onder de huidige omstandigheden is de aanvoer van zuurstof afwezig of minimaal, mede gezien de lage stroomsnelheden in de veenbodem. De conclusie is dan ook dat het hout van de veenweg onder de huidige omstandigheden niet bedreigd wordt door houtaantastende schimmels. De aantasting door erosiebacteriën zou nog steeds actief kunnen zijn. De effecten van deze vorm van aantasting zorgt - zoals hierboven al is aangegeven - niet voor schade aan vorm en inhoudelijke informatie waarde van de veenweg. Bovendien is deze aantasting algemeen in vrijwel al het archeologische hout, en vooralsnog niet tegen te gaan.

Op grond van de resultaten van het kleinschalige onderzoek concluderen we dat op dit moment geen bodem(degradatie-)processen plaatsvinden die een bedreiging zijn voor de veenweg. De hydrologische eigenschappen van het veenpakket zorgen voor een bodemmilieu met een hoog conserverend vermogen, ondanks de lage grondwaterstand en relatief hoge nutriëntenbeschikbaarheid. Alleen de invloed van (levende) plantenwortels die het profiel en de weg doorboren bij put 6 kan worden beschouwd als een mogelijke bedreiging.

³⁵ Klaassen 2005.

³⁶ Huisman & Klaassen 2005a,b, in druk; Huisman et al. in voorbereiding.

5.2 Discussie: de rol van formatieprocessen

In de afgelopen zeven jaar zijn er verschillende gedachtes geformuleerd over de fysieke kwaliteit van de veenweg van Nieuw-Dordrecht. Uit de kwaliteitsbepaling van hout uit de proefputten van 1998 was naar voren gekomen dat de conditie van de veenweg zorgelijk zou zijn. Recente excrementen van ringwormen, die van verrot hout leven, zouden aantonen dat het veen tot op het niveau van de veenweg geruime tijd droog heeft gelegen. Ook de aanwezigheid van schimmelhyphen in de buitenste delen van het hout zou wijzen op een blootstelling aan zuurstof.

De kwaliteitsbepaling van houtdelen in 2004 toonde aan dat er aantasting is door erosiebacteriën, maar dat schadelijke zachtrot-, witrot- of bruinrotschimmels ontbreken en dat het veenprofiel boven de weg onaangetast is en volledig waterverzadigd.

Deze verschillende bevindingen vragen om een verklaring. In de eerste plaats moet daarbij worden aangegeven dat de houtbehandeling vanaf het moment van blootleggen en analyse van 1998 en 2004 goed vergelijkbaar is. Stuijts heeft de houtmonsters van 1998 op korte termijn, vrijwel direct na de bemonstering in het veld, bestudeerd. Het is bekend dat tijdens opgravingen bodemschimmels in zeer korte tijd veel schimmeldraden kunnen vormen. Binnen een paar dagen is dit type onschadelijke schimmel goed zichtbaar in archeologisch hout, vaak in scheuren en holttes. Vaak wordt deze als een bedreiging gezien, een schimmel die het hout ernstig aantast. De houtmonsters in 1998 zijn op een zodanig korte termijn geanalyseerd dat we ervan uit kunnen gaan dat het niet gaat om schimmels die tijdens het onderzoek zijn gaan groeien.

Dat brengt ons op de vraag in hoeverre de aantasting die in het verslag van Stuijts wordt beschreven, recent is. Van ringwormen wordt aangegeven dat daarvan geen aantasting in het hout is aangetroffen (alleen uitwerpselen). In de slijpplaten van 2004 zijn ook uitwerpselen waargenomen die duidelijk wel fossiel zijn, maar het is niet duidelijk of ze van hetzelfde type zijn als Stuijts in 1998 heeft vastgesteld. Een mogelijkheid is dat de situatie van het hout in put 1 en 2 slechter is dan het hout van de putten van 2004 en dat de waargenomen kwaliteit inderdaad lokaal sterk kan verschillen.

Wat betreft de methodiek van de kwaliteitsbepaling van hout heeft er de afgelopen jaren een verdiepingsslag plaatsgevonden. Vandaag de dag is er veel meer bekend over degradatieprocessen, zoals de werking van erosiebacteriën en schadelijke schimmels, dan vijf jaar geleden. De kennis van de organismen die hout aantasten onder verschillende omstandigheden is recentelijk opgedaan (zoals bij de erosiebacteriën) of pas recent beschikbaar gekomen in de archeologische wereld.³⁷

Wanneer de formatieprocessen in ogenschouw worden genomen, wordt duidelijk dat de situatie van de neolithische veenweg een complexe is. Processen die ca. 4000 jaar geleden zich hebben afgespeeld, zoals de selectie van het hout, de gebruiksduur van de weg en het proces van overgroeiing - moeten worden meegewogen in de kwaliteitsbepaling van vandaag.

Onderzoek heeft uitgewezen dat de meeste stammen afkomstig zijn uit een secundair bos en dat er een bepaalde variatie in de levensloop van het wegdekhout bestaat. Er zijn verse boomstammen gebruikt, waarop verse kasporen zichtbaar zijn. In een ander geval, zoals hout uit put 1, wijzen gangen gemaakt door de houtkever (*Xyloborus dispar*) op hout dat al in een bepaalde mate was aangetast. Ook constructiehout lijkt secundair te zijn gebruikt als wegdekhout.

Op grond van een combinatie van dendrochronologische en veenkundige informatie komen Casparie *et al.* tot een vrij nauwkeurige datering van de veenweg.³⁸ Jaarringen van palen uit de opgraving van 1991 en 1998 dateren de aanleg van de weg tussen najaar 2550 en voorjaar 2548 voor Chr. Na de aanleg van de weg heeft het hout een bepaalde tijd aan het oppervlak gelegen,

³⁷ Kars & Smit 2004: 35-42;
Huisman & Klaassen 2005a,b.

³⁸ Casparie *et al.* 2004.

hoe lang precies is onduidelijk, maar waarschijnlijk is de gebruiksduur vrij kort geweest, hooguit tien jaar. De delen van de veenweg die bij onderzoek zijn blootgelegd, blijken één bouwfase te representeren: het gaat in alle gevallen om een laag wegdekhout, in het oostelijk deel zonder onderliggers. Verschillende lagen wegdekhout, deels vergaan, die zouden wijzen op meer dan één bouwfase en een lange gebruiksduur zijn niet vastgesteld, hetgeen niet uitsluit dat de weg af en toe kan zijn verbeterd door enkele nieuwe stammen aan het wegdek toe te voegen, maar op grote schaal is dat niet gebeurd. In welke vorm deze weg dan ook is gebruikt, gedurende deze periode was het wegdekhout blootgesteld aan zuurstof en trad er degradatie op. Door wisselende waterstanden tijdens de seizoenen, waarbij het hout dan weer doorweekt was en vervolgens weer uitdroogde, kon het hout in deze periode van gebruik in kwaliteit achteruitgaan. Door vernatting raakte de veenweg vervolgens overgroeid met veenmos en werd het hout langzaam maar zeker verzegeld in een veenpakket. Gedurende deze veenvorming waren er periodes van degradatie, wanneer verdroging optrad en het dunne veenpakket en het onderliggende hout tijdelijk met zuurstof in aanraking kwam.

Dergelijke formatieprocessen zorgen voor een breed scala aan kwaliteitsvormen en maken het lastig te achterhalen welke processen zich tijdens de levensloop van de weg hebben afgespeeld en welke processen (meer) recentelijk zijn. Bovendien wordt het hout ook tijdens een (tijdelijke) ontsluiting, zoals in een opgravingsput, direct aan zuurstof blootgesteld. Processen van oxidatie en schimmelvorming treden onmiddellijk in werking.

Uit dit onderzoek is duidelijk naar voren gekomen dat een studie naar het bodemmilieu onlosmakelijk verbonden moet zijn met het archeologische object. Het is immers door de intactheid van het veenpakket boven de weg vast komen te staan, dat we in Nieuw-Dordrecht te maken hebben met nat bodemmilieu met uitstekende bewaarcondities. Het volgen van de grondwaterstanden suggereerde een (veel) drogere bodemkundige situatie. Hoewel het grondwater regelmatig onder het niveau van de veenweg daalde, lijken oxidatieprocessen (nog) niet van invloed te zijn op de kwaliteit van het gebruikte hout. Kennelijk functioneert het veenpakket als een spons en is het bodemmilieu waarin de weg is ingebed zodanig waterverzadigd dat het hout niet wordt aangetast door schimmels. Uit het plaatsen van tijdelijke peilbuizen was duidelijk geworden dat de waterlevering uit het omgeving traag verliep. Dat gegeven is een aanwijzing dat het vochtvasthoudende vermogen van het veenpakket sterk is en dat alleen diepe (van 2 à 3 m), permanente peilbuizen met *divers* bruikbare resultaten opleveren.

5.3 Aanbevelingen

Het is van belang te beseffen dat het onderzoek dat in juni 2004 naar de veenweg is uitgevoerd, beperkt en eenmalig van karakter was. Het kleinschalig onderzoek is in feite niet meer dan een momentopname. Desondanks is er een duidelijke, conserverende karaktertrek van het veenmilieu naar voren gekomen: een goed vochtvasthoudend vermogen van veen. De sponsachtig werking creëert kennelijk een natter én daardoor gunstiger bodemmilieu dan op grond van de stand van het grondwater voorspeld wordt. Het is aan te bevelen om naar dit aspect onderzoek te doen. In veel bodemmilieus komt de grondwaterstand redelijk overeen met de grens tot waar de bodem met vocht verzadigd is, maar de zuigende werking van een veenmilieu zorgt ervoor dat ook de bodemporiën in de volcapillaire zone in de bodem met water zijn verzadigd.

Het is dan ook een aanbeveling om bij de veenweg een permanente monitoringslocatie in te richten en een programma op maat voor dit monument te ontwerpen. De gedetailleerde uitwerking van een dergelijke

monitoringsprogramma - welke parameters, duur en frequentie - valt buiten het bestek van deze studie, maar het is wel mogelijk aan te geven welke onderdelen wenselijk zijn. Het feit dat de sponsachtige werking van het veen voor gunstige conserverende omstandigheden heeft gezorgd, maakt dit tot een cruciaal onderzoeksaspect. Daarbij moet wel terdege worden beseft dat onderzoek naar de hydrologische werking van veenpakketten in de jonge wereld van het archeologisch monitoren nog in de kinderschoenen staat: er is nog nauwelijks ervaring op dit gebied. Met de huidige kennis kan gesteld worden dat het raadzaam is profielen van het vochtgehalte van de bodem te meten. Door het in de loop der tijd volgen van het bodemvochtgehalte, in relatie tot de fluctuaties van het grondwaterpeil, wordt het mogelijk een beter inzicht te krijgen in de verhouding tussen verzadigde bodem en de grondwaterstand. Er zijn verschillende soorten sensoren ontwikkeld die bodemvochtbepalingen *in situ* kunnen monitoren, zoals een systeem op basis van *Time Domain Reflectometry* (TDR). Vochtmetingen op basis van TDR zijn gebaseerd op het uitzenden en ontvangen van signalen door probes die in de bodem geplaatst moeten worden. Voor de koppeling met de informatie over de grondwaterstand is het praktisch de bodemvochtmetingen uit te voeren op een meetlocatie waar ook een permanente, diepe peilbuis voor het volgen van de waterstand is geslagen. In deze peilbuizen kan vervolgens met een *diver* de grondwaterstand worden gemeten, waarna de resultaten vergeleken kunnen worden met het gehalte bodemvocht. Om de variatie per seizoen goed vast te leggen, is een langetermijnaanpak raadzaam: de minimale duur van de meetperiode is een jaar. Om enigszins greep te krijgen op de invloed van extreem droge zomers en natte winters is een termijn van minimaal vijf jaar aan te bevelen, in combinatie met meteorologische metingen ter plaatse. Ruimtelijk gezien zouden in een dergelijk monitoringsprogramma de extremen, het westelijk en het oostelijk deel van de weg, opgenomen moeten worden. Gedacht kan worden aan het inrichten van drie meetlocaties op ongeveer dezelfde positie als de peilbuizen van SBB. Door dergelijk onderzoek is het mogelijk een beter inzicht te krijgen in de hydrologische werking van het veenpakket, in relatie tot de veenweg. Het verwerven van deze kennis is een eerste vereiste. Hoe staat het met de hydrologische balans in een 'natuurlijke', dat wil zeggen niet-ingerichte, situatie? Door deze indirecte wijze van het monitoren van de houten veenweg kan er een vinger aan de pols worden gehouden. Mocht er gedurende het monitoringsproces een progressieve afname van het bodemvochtgehalte in het veenprofiel boven de veenweg worden geconstateerd, dan kan alsnog worden overgegaan tot het nemen van gepaste maatregelen ter bescherming van de weg. De effecten van eventuele beschermende stappen zouden in de loop der tijd moeten worden gevolgd. Een voorbeeld: om de invloed van levende plantenwortels tegen te gaan, is het wellicht raadzaam het tracé van de weg aan het oppervlak af te dekken met worteldoek. Het aanbrengen van worteldoek onderin het bezandingsdek zou verdere doorgroeiing tegen kunnen gaan. Maar de vraag daarbij is, in hoeverre deze maatregel effect heeft op de zuigende kracht van het onderliggende veenpakket. Hoe kwetsbaar is de hydrologische balans? Op wat voor termijn treden er (meetbare) veranderingen op? Naast deze indirecte wijze van het monitoren van de veenweg kan ook het hout van de veenweg opnieuw beoordeeld worden. Daarbij kan gedacht worden aan het tijdelijk blootleggen van een klein deel van het wegdek, bijvoorbeeld op een termijn van vijf jaar, zodat op eenzelfde wijze kwaliteitsbepaling van het hout kan worden verricht. Een vergelijking van de resultaten kan een eventuele achteruitgang aantonen. Om de zuigende werking van het veenpakket zo min mogelijk te schaden, is het ontwikkelen van een ultieme non-destructieve methode een aanbeveling. Het nemen van monsters op een (zeer) kleine en schadepbeperkende schaal - bijvoorbeeld vanuit een boorguts - verdient de voorkeur. Wat dat betreft, is de analogie met een kijkoperatie aan een menselijke

knie groot. Een andere suggestie is om experimenten met vers hout uit te voeren, in overleg met SHR. Daarbij kan gedacht worden aan het inbrengen van houtmonsters op eenzelfde diepte als de veenweg in de ondergrond en de kwaliteit van deze monsters te volgen.

Het advies ten aanzien van het monument van Nieuw-Dordrecht luidt dan ook: het handhaven van de huidige situatie en het ontwerpen van een monitoringsprogramma op maat voor deze oudst bewaarde veenweg van Nederland.

Geraadpleegde bronnen

- Bauerochse, A., 2001: Ergebnisse erster Radaruntersuchungen aus dem Campemoor, *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 21, 48-50.
- Bauerochse, A. R. Ziekur, R. Schuricht & A. Metzler 1999: Archäologische Prospektion im Campemoor mit Hilfe von Bodenradaruntersuchungen, *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 19, 174-177.
- Brand, P. van den, 2003: Veenweg krijgt eigen plek. Landschapsinrichting en natuurontwikkeling rond een 4500 jaar oude houten veenweg, in: M. Kapelle & F. Strolenberg (Belvedere projectbureau), *Nieuwe tradities. Projecten 2002*, Utrecht, 20-21.
- Casparie, W.A., 1972: Bog development in Southeastern Drenthe (the Netherlands), *Vegetatio* 25, 1-276.
- Casparie, W.A., 1982: The Neolithic wooden trackway XXI (Bou) in the raised bog at Nieuw-Dordrecht (the Netherlands), *Palaeohistoria* 24, 115-164.
- Casparie, W.A., 1987: Bog trackways in the Netherlands, *Palaeohistoria* 29, 35-65.
- Casparie, W.A., 1992: Neolithic deforestation in the region of Emmen (The Netherlands), in: B. Frenzel (red.), *Evaluation of land surfaces cleared from forests by prehistoric man in Early Neolithic times and the time of migrating Germanic tribes* (Paläoklimaforschung Palaeoclimate Research Volume 8), Strasbourg/Mainz, 115-127.
- Casparie, W.A., 1994: De houten weg in het veen bij Nieuw-Dordrecht, in: J.J. Brands (red.), *Waar eens boekweit bloeide. Schetsen uit de geschiedenis van Nieuw-Dordrecht*, Groningen, 8-22.
- Casparie, W.A., 2005: Het hoogveen ontsloten. Houten wegen en paden in de Drentse venen, in: L.P. Louwe Kooijmans, P.W. van den Broeke, H. Fokkens & A. van Gijn (red.), *Nederland in de prehistorie*, Amsterdam, 401-405.
- Casparie, W.A., B. van Geel, A.E.M. Hanraets, E. Jansma & I.L.M. Stuijts 2004: De veenweg van Nieuw-Dordrecht - onvoltooid en niet gebruikt, *Nieuwe Drentse Volksalmanak* 121, 114-141.
- Casparie, W.A., J.G. Streefkerk & R.J. Zandstra 1991: De neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht (Dr.). Een archeologisch monument op de helling, *Paleo-aktueel* 3, 55-60.
- Casparie, W.A., & J.G. Streefkerk 1992: Climatological, stratigraphic and palaeo-ecological aspects of mire development, in: J.T.A. Verhoeven (red.), *Fens and bogs in the Netherlands: vegetation, history, nutrient dynamics and conservation* (Geobotany 18), Dordrecht, 81-129.
- Creemers, J.G.M., & R.K.W.M. Klaassen 2005: Ondersteunend houtonderzoek bij ontwikkeling van sneldetectiemethode, Wageningen (SHR Rapportcode 4.189)

Exaltus, R.P., 2006: Micromorfologisch onderzoek, in: R.M. van Heeringen, A. Smit & E.M. Theunissen (red.): Standaard Archeologische Monitoring (SAM). Richtlijnen voor het non-destructief beschrijven en volgen van de fysieke kwaliteit van archeologische vindplaatsen (Nederlandse Archeologische Rapporten 33), Uitgave SIKB.

Groenendijk, H.A., 2003: New archaeological issues in the former Bourtangter Moor (The Netherlands), in: A. Bauerochse & H. Haßmann (red.), *Peatlands, archaeological sites, archives of nature, nature conservation, wise use* (Proceedings of the Peatland Conference 2002 in Hannover, Germany), Leidorf, 36-47.

Heeringen, R.M. van, G. Mauro & A. Smit 2004: *A pilot study on the monitoring of the physical quality of three archaeological sites at the Unesco monument of Schokland, province of Flevoland, the Netherlands*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 26).

Heeringen, R.M., A. Smit & E.M. Theunissen 2004: *Archeologie in de toekomst. Nulmeting van de fysieke kwaliteit van het archeologisch monument in de Broekpolder, gemeenten Heemskerk en Beverwijk*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 107).

Heeringen, R.M. van & E.M. Theunissen 2001: Kwaliteitsbepalend onderzoek ten behoeve van duurzaam behoud van neolithische vindplaatsen in West-Friesland en de Kop van Noord-Holland, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 21).

Heeringen, R.M. van & E.M. Theunissen 2002: *Desiccation of the archaeological landscape of Voorne-Putten, the Netherlands*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 25).

Heeringen, R.M. van & E.M. Theunissen 2005: Wetlands: a vulnerable archaeological resource. Recent work on the in situ monitoring of archaeological sites in the Netherlands, in: *Kulturlandschaft Marsch. Natur - Geschichte - Gegenwart. Landesmuseum für Natur und Mensch*, Oldenburg (Schriftenreihe des Landesmuseums für Natur und Mensch, Heft 33), 95-105.

Heeringen, R.M. van, A. Smit & E.M. Theunissen 2006: Standaard Archeologische Monitoring (SAM). Richtlijnen voor het non-destructief beschrijven en volgen van de fysieke kwaliteit van archeologische vindplaatsen (Nederlandse Archeologische Rapporten 33), Uitgave SIKB.

Huisman, H., 2006: Hout, in: R.M. van Heeringen, A. Smit & E.M. Theunissen (red.), Standaard Archeologische Monitoring (SAM). Richtlijnen voor het non-destructief beschrijven en volgen van de fysieke kwaliteit van archeologische vindplaatsen (Nederlandse Archeologische Rapporten 33), Uitgave SIKB.

Huisman, D.J., & R.K.W.M. Klaassen 2005a: Variation in Wood Degradation in Three Roman Oak Ships in the West of the Netherlands, in: P. Hoffmann, K. Straetkvern, J.A. Spriggs & D. Gregory (red.), *Proceedings of the 9th ICOM group on Wet Organic Archaeological Material Conference, Copenhagen 2004*, ICOM_WOAM, Bremerhaven, 154-168.

Huisman, D.J. & R.K.W.M. Klaassen 2005b: Degradatie en bescherming van archeologisch hout, *Praktijkboek Instandhouding Monumenten*, Afl. 23, oktober 2005, Zeist.

Huisman, D.J., M.R. Manders, E. Kretschmar, R. K.W.M. Klaassen & N. Lamersdorf, in voorbereiding: Burial Conditions and Wood Degradation on Archaeological Sites in the Netherlands, *International Biodegradation and Biodeterioration*

Jansma, E. & W.A. Casparie 1993: Een neolithische Landnam ontrafeld door dendrochronologisch onderzoek van de veenweg van Nieuw-Dordrecht (Dr.), *Paleo-aktueel* 4, 33-36.

Kars, H., & A. Smit 2004: *Handleiding Fysiek Behoud Archeologisch Erfgoed. Degradatiemechanismen in sporen en materialen. Monitoring van de conditie van het bodemarchief* (Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 1), Amsterdam.

Klaassen, R. 2005: *Preserving cultural heritage by preventing bacterial decay of wood in foundation piles and archaeological sites, Final report of BACPOLES (5th framework sponsored EU-project EVK4-CT2001-00043)*, Wageningen.

Kok, R.S. 2004: Zorgenkind aan het infuus: de neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht (gemeente Emmen), *Archeologie Magazine* 4, 60-64.

Kuhry, P. & D.L. Vitt 1996: Fossil Carbon/Nitrogen Ratios as a Measure of Peat Decomposition, *Ecology* 77, 271-275.

Lanting, J.N., & J. van der Plicht 1999/2000: De 14C-chronologie van de Nederlandse pre- en protohistorie, III: Neolithicum, *Palaeohistoria* 41/42, 1-110 (met name pag. 95).

Mars, A., W.A.B. van der Sanden & S. Smeijers 2004: *Veenweg aan het infuus. Behoud in situ van de neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht (Drenthe)*, Assen.

Metzler, A., 2002: Prospectiemethoden, in: C. Bergen, M.J.L.Th. Niekus & V.T. van Vilsteren 2002: *Schatten uit het veen*, Zwolle, 26-27.

Sanden, W.A.B. van der, 1990: *Mens en moeras. Veenlijken in Nederland van de bronstijd tot en met de Romeinse tijd*, Assen.

Sanden, W.A.B. van der, 2001: From stone pavement to temple - Ritual structures from wet contexts in the province of Drenthe, the Netherlands, in: B.A. Purdy (ed.), *Enduring Records. The Environmental and Cultural Heritage of Wetlands*, Oxford, 132-147.

Sanden, W.A.B. van der, 2002: Veenwegen in Drenthe: enkele nieuwe dateringen, *Nieuwe Drentse Volksalmanak* 119, 101-112.

Sanden, W.A.B. van der, 2004: Veenwegen in Drenthe: stof voor discussie, *Nieuwe Drentse Volksalmanak* 121, 142-160.

Schaaf, S. van der, 2004: *Conservering Neolithische Veenweg Nieuw-Dordrecht. Onderzoek naar irrigatiemodellen, waterkwaliteit en -kwantiteit*, Wageningen (Rapport afdeling omgevingswetenschappen, Sectie Waterhuishouding, Wageningen Universiteit).

Schulz, R., J. Igel, G. Kurz, J. Sauer, R. Schuricht, W. Südekum & R. Ziekur 2004: Geophysikalische Prospektion, in: M. Fansa, F. Both & H. Haßmann (red.), *Archäologie, Land, Niedersachsen. 25 Jahre Denkmalschutzgesetz - 400.000 Jahre Geschichte. Begleitschrift zur Ausstellung*, Oldenburg (Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 42), 66-76.

Smit, A., A. Beeker, R.M. van Heeringen 2005: *Ontwikkeling van instrumenten om de pH en redoxpotentiaal in de onverzadigde zone van de bodem te meten. Eindrapport*, Amsterdam (IGBA-rapport 2005-5).

Smolders, A., 2003: *Conservering van de neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht - potentiële zuurstofconsumptie in veensubstraten* (rapport onderzoekscentrum B-WARE, Katholieke Universiteit Nijmegen).

Streefkerk, J.G., 1987: *Een hydrologisch advies omtrent een neolithische veenweg nabij Nieuw-Dordrecht in Zuidoost-Drenthe*, zonder plaats.

T&A Survey BV, 2002: *Grondradaronderzoek naar veenwegen: veenweg Nieuw-Dordrecht*, Amsterdam.

Theunissen, L., & W. Jong 2004: Prikken in het veen. Verslag van een prikexperiment naar de neolithische veenweg van Nieuw-Dordrecht (intern rapport ROB), Amersfoort.

Theunissen, E.M. & R.M. van Heeringen 2006: Hidden heritage of the Dutch delta. Thoughts about the preservation of wetlands and the sustainability of the archaeological resource, *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek* 46.

Waals, J.D. van der, 1964: Prehistoric disc wheels in the Netherlands, *Palaeohistoria* 10, 103-146.

Wit, K.E., H.Th.L. Massop & J.G. te Beest 1989: *Onderzoek naar effecten van beheersmaatregelen op de conservering van een Neolithische veenweg bij Nieuw-Dordrecht*, Wageningen (Staring Centrum Wageningen rapport 25).

Zeist, W. van, 1956: De veenbrug van Nieuw-Dordrecht, *Nieuwe Drentse Volksalmanak* 74, 314-318.

Zeist, W. van, 1957: Twee neolithische veenvondsten te Nieuw-Dordrecht, *Nieuwe Drentse Volksalmanak* 75, 12-15.

Appendix 1 Rapportage van de kwaliteitsbepaling van het hout uit de proefputten van 1998

Onderzoek naar de kwaliteit van het hout van de veenweg van Nieuw-Dordrecht³⁹

I.L.M. Stuijts

1 Inleiding

Het verloop van de houten veenweg van Nieuw-Dordrecht is vrij goed bekend dankzij meerdere opgravingen. De laatste opgraving vond plaats in 1991.⁴⁰ Daarbij is het meest kwetsbare westelijke gedeelte onderzocht. Toentertijd zijn maatregelen genomen om het waterpeil hoog te houden en zodoende het restant van de veenweg te bewaren.⁴¹ Er zijn echter aanwijzingen dat het waterpeil ondanks de maatregelen verder zakt en de veenweg dus gevaar loopt uit te drogen.

Teneinde te bepalen of verdere maatregelen zinvol zijn is door de ROB een proefonderzoek gestart naar de conditie van het hout. Dit proefonderzoek vond plaats tussen dinsdag 14 april en donderdag 16 april 1998, in samenwerking met Staatsbosbeheer en met ondersteuning van dr. W.A. Casparie, die de leiding had van de opgraving in 1991. Uiteindelijk zijn twee putten van 1,2 m breed dwars op de veenweg gegraven, waarbij ongeveer de helft van de breedte van de veenweg is blootgelegd. Van elk stuk hout is een monster genomen op ongeveer 50 cm van de buitenrand van de weg met een motorzaag. Tevens zijn drie paalpunten bemonsterd voor informatie over kasporen. De houtmonsters zijn onderzocht in de paleobotanische afdeling van het ARC, Poststraat 6, te Groningen op 16 en 17 april 1998.

2 Methode

Het onderzoek richt zich op twee aspecten:

- vaststelling van de conditie van het hout;
- standaard houtbiologisch onderzoek.

De meest westelijke put (put 1, vlak 1) bevat vijf stuks hout van het wegdek en vier stuks losliggend hout onder het wegoppervlak. Een van de houtstukken betreft een berken onderligger, in de lengte van de veenweg gelegd.

De oostelijk put (put 2, vlak 1) bevat tien stuks wegdekhout en zes stuks 'vulhout'. Onderliggers ontbreken hier.

De houtbiologische aspecten van elk stuk hout zijn opgenomen in een database. De gegevens zijn in tabelvorm als bijlage toegevoegd. De kwaliteit van elk stuk hout is vermeld in de kolom 'comment' van de tabel.

³⁹ Dit rapport is met toestemming van de auteur opgenomen. De originele tekst uit 1998 is geredigeerd conform ROB-format.

⁴⁰ Casparie 1992; Jansma & Casparie 1993.

⁴¹ Casparie, Streefkerk & Zandstra 1991.

Timber no.	Sample type	Sub no.	Species	Shape	Diameter max	Diameter min	Radius	Age	Insect channels	Channel size
1.1	surface log	0	Alnus	modified	21	13	0	40	few	small
1.2	surface log	0	Alnus	radial split	20	12	12,5	40	few	small
1.3	surface log	0	Betula	radial split	10	0	6	40	many	small
1.4	slab	0	Tilia	tangential	21	7	0	70	many	small
1.5	slab	0	Tilia	tangential	39	10	0	82	very many	small
1.6	substructure log	0	Quercus	modified	6	4	0	35	few	-
1.7	substructure log	0	Quercus	modified	4	2,5	0	35	many	small
1.8	slab	0	Alnus	tangential	9,5	4,5	0	0	none	-
1.9	substructure log	0	Betula	unmodified	7	6	0	25	none	-
2.1	surface log	0	Betula	tangential	10	6,5	6,5	120	few	small
2.2	surface log	1	Acer	modified	8	6	8	90	few	small
2.2	surface log	2	Acer	modified	7	4,5	7	90	few	small
2.3	surface log	0	Acer	rectangular	9,5	6	0	140	few	small
2.4	surface log	0	Acer	tangential	13	5,5	0	90	few	small
2.5	surface log	1	Quercus	slice	13,5	6,5	0	90	few	small
2.5	surface levelling	2	Quercus	rectangular	5	2	0	0	none	-
2.5	surface levelling	3	Quercus	rectangular	6	1,5	0	0	none	-
2.5	surface levelling	4	Betula	rectangular	5	1,5	0	0	none	-
2.6	surface log	1	Quercus	slice	13,5	6	0	107	none	-
2.6	surface levelling	2	Quercus	rectangular	4,5	1,5	0	35	many	small
2.6	surface levelling	3	Quercus	rectangular	2,5	1	0	13	many	small
2.6	surface levelling	4	Quercus	rectangular	2,5	1	0	11	many	small
2.7	surface log	0	Betula	unmodified	10	9,5	0	30	few	small
2.8	surface log	1	Betula	unmodified	15,5	10	0	45	few	small
2.8	surface log	2	Alnus	unmodified	10,5	6,5	0	45	few	small
2.9	surface log	0	Acer	modified	0	0	0	0	many	small
2.10	surface log	0	Quercus	slice	13,5	6,5	0	0	few	small
2.11	surface log	0	Betula	modified	0	0	0	0	very many	small

Excrement	Hyphae	Discolouring	Rotten	Comment	Quality
TRUE	a lot	TRUE	TRUE	ingrowth roots; recent excrements from cf. Enchytraeids;	bad
0	some	TRUE	0	several rotten areas in wood	
0	some	TRUE	0	little bark present, in pieces beside log; outside rotten for 2,5 cm with insect channels	not too bad
0	some	TRUE	0	bark on downward side	upper side bad, downward side not too bad
0	a lot	TRUE	TRUE	ingrowth roots in old insect channels	very bad, totally grown with grassy roots
TRUE	a lot	TRUE	TRUE	ingrowth of roots; insect channels all through the wood possibly made by bark beetles Xyloborus dispar; several periods slow growth: 28/34, 38/39, 40/42, 59/60, 72/73; 82 years on 10 cm	very bad
0	some	0	TRUE	sidebranches cut away; from top part of trunk; rotten alongside radial clefts; spint partly present	not too bad
0	little	0	0	from top part of trunk and modified; some sapwood present; channels through all the wood; ingrowth of roots	soft; not too bad
0	little	0	0	slab of wood, lies on substructure, may originally have lain on trackway, bark downwards	good
0	little	0	0	-	good
0	some	TRUE	TRUE	channels only in outer 0,5 cm	outside rotten, inside good
0	some	TRUE	TRUE	sub 1 and 2 from same tree, closely fit together form very irregular grown trunk, several rotten places in centre; several slow phases a.o. 15/16, 35/36, 51/52 and 64/65; rotten on upper side	not too bad
0	some	TRUE	TRUE	same tree als sub 1, closely fit together; rotten on upper side and several places inside; irregular grown tree	poor
0	a lot	TRUE	TRUE	same as timber 9; very rotten on upper part; ingrowth of roots; several phases without any growth	poor
0	little	0	0	upper 1 cm channels and rotten on upper side; lower side good; ingrowth roots; also slow at 20/21; ower part good	good
TRUE	a lot	0	0	part of sapwood present; ingrowth of roots; recent excrements of cf. Enchytraeidae on upper part; closely fit with smaller woodfragments	not too bad
0	some	0	0	-	
0	some	0	0	-	
0	some	0	0	-	
0	little	TRUE	TRUE	recent spores; chip made from branch	bad
0	a lot	0	0	same as timber 10; rotten besides radial crevices; almost no channels; ingrowth roots alongside radial clefts; some sapwood present	good
0	some	0	0	recent spores	bad
0	some	0	0	recent spores; chip made from branch	bad
0	little	0	0	same as timber 11; upper 2 cm few channels; bark on under side	good
0	a lot	TRUE	0	half split; inner side rotten; bark downwards good condition	good
0	a lot	0	TRUE	two centered; rotten in centre, channels in upper 2 cm; from upper part trunk	good
TRUE	a lot	TRUE	0	same as timber 3; pointed post but rotten inasfar as details are not visible anymore; ingrowth of roots	worse than part reflected in timber 3
0	some	0	0	same as timber 5/6 with rough neolithic axemarks; sapwood present; some ingrowth of roots	not too bad
0	a lot	0	TRUE	point of pole, too rotten to see any details; worse condition than timber 7	poor

3 Resultaat

3.1 Vaststelling conditie van het hout

In het veld bleek dat de veenweg op een aanzienlijke diepte ligt: in put 1 ongeveer 60 cm onder maaiveld, in put 2 ongeveer 80 cm. Dit komt de veenweg ten goede. Het veen was echter al behoorlijk droog, iets wat niet te verwachten valt in deze periode van het jaar. De eerste indruk was dat er aanzienlijke kwaliteitsverschillen zijn tussen de individuele stukken hout in put 1; het hout van de onderlaag leek in goede conditie. Het hout van de oostelijke put leek wat beter van kwaliteit, maar ook hier waren individuele verschillen zichtbaar.

3.1.1 Put 1

Microscopisch onderzoek bevestigt de eerste indruk; het hout van put 1 is in het algemeen van slechtere kwaliteit dan dat van put 2. Het hout van de onderlaag alsmede de dwarsligger is in goede conditie. Het is mogelijk dat (timber)nummers 6 en 7 oorspronkelijk als vulhout op het wegdek hebbengelegen.

Nergens is sprake van recente vraatgangen; de aanwezige vraatgangen dateren waarschijnlijk van de tijd dat de weg in gebruik was. Met name nummer 5 is in zeer slechte conditie; het betreft hier lindehout dat van zichzelf al zwak is en gemakkelijk wordt aangetast. De gangen in het hout zouden gemaakt kunnen zijn door de houtkever (*Xyloborus dispar*).

Ernstiger is het feit dat op nummer 1 en nummer 5 recente excrementen zijn aangetroffen van naar alle waarschijnlijkheid (=cf.) *Enchytraeidae*. Dit zijn ringwormen die saprofaag zijn, dus van verrot hout leven. Dit betekent dat het veen zeker tot op het niveau van de veenweg geruime tijd droog heeft gelegen en dat het bovendeel door bacteriën etc. al ten dele is afgebroken: excrementen van *Enchytraeidae* vergaan snel.

Een andere aanwijzing dat het hout van de veenweg gevaar loopt, ligt in het feit dat diverse stukken hout doorgroeid zijn met grasachtige wortels. Daarbij hebben de wortels gebruik gemaakt van oude vraatgangen. Deze wortels kunnen afkomstig zijn van een dichtbij gelegen gedempte sloot. Wortels kunnen door hun zuren voor verdere aantasting en degradatie van het hout zorgen.

In het algemeen is het hout matig tot sterk doorgroeid met schimmelhyphen in de buitenste gedeelten. Midden in het hart van het hout zijn geen hyphen aanwezig. Dit is een volgende aanwijzing dat zuurstof toegang had tot het hout van de veenweg, maar dat het waterpeil waarschijnlijk niet ver onder het wegoppervlak reikte.

Al het wegdekhout uit put 1 vertoont verkleuringen; iets dat regelmatig optreedt in veen. De rotte plekken zijn voornamelijk te vinden aan de buitenzijde.

Wanneer rotte plekken in hout optreden, is dit meestal een afspiegeling van de groeiwijze van het hout.

Concluderend kan worden gezegd dat de conditie van de veenweg in put 1 matig tot slecht is. De onderzijde van het hout daarentegen is in redelijke conditie: schors is aan de onderzijde regelmatig nog aanwezig. De zeer goede kwaliteit van de berken onderligger geeft aan dat de droging van het veen niet tot dat niveau is gekomen. Om de weg te behouden is het absoluut noodzakelijk het waterpeil zodanig te verhogen dat ook in de droge periodes de veenweg geen toegang tot zuurstof krijgt. Dit zal verdere aantasting door bodemdieren en schimmels voorkomen. Het tegengaan van wortelgroei is een ander aandachtspunt. Het valt aan te bevelen de slootvulling te inspecteren.

3.1.2 Put 2

Er zijn aanzienlijke kwaliteitsverschillen tussen de houtmonsters van put 2. De kleinere fragmenten die als vulhout hebben gediend, zijn in het algemeen in slechte conditie. Dit valt te verwachten omdat deze kleinere fragmenten eerder ten prooi vallen aan afbraakprocessen dan dikke stukken hout. In het algemeen is de buitenzijde rot en aangevreten, maar dit beperkt zich meestal tot de buitenste paar centimeter. Bepalend is dat ook in deze put recente excrementen van *Enchytraeidae* zijn gevonden, en zelfs op een eikfragment. Dit betekent dat de buitenzijde van dit stuk hout al aanzienlijk is aangetast en ook dat de bovenzijde van de veenweg geruime tijd heeft drooggelegen. Eikenhout is normaliter een van de laatste houtsoorten die ten prooi vallen aan afbraakprocessen.

In de meeste monsters zijn schimmelhyphen aanwezig in de buitenste paar centimeter. Recente sporen van schimmels zijn in enkele monsters aangetroffen. Er is een aanzienlijk verschil tussen de monsters die op ongeveer 50 cm van het uiteinde zijn genomen en de drie bemonsterde paalpunten; deze laatste monsters zijn in veel slechtere conditie dan het hout verder aan de rand. Het rotte gedeelte alsmede de schimmelhyphen gaan in alle gevallen door het hele monster heen en beperkt zich dus niet tot de buitenste paar cm. Kapsporen waren dan ook nauwelijks meer herkenbaar.

De conclusie is daarom dat er duidelijke aanwijzingen zijn dat ook in put 2 de conditie van de veenweg zorgwekkend is. Wanneer het waterpeil echter tot boven het wegoppervlak kan worden gehandhaafd, zijn de vooruitzichten, mede gezien de diepe ligging van de weg, goed. Voorkomen moet worden dat het wegoppervlak gedurende de zomer toegang krijgt tot lucht.

3.2 Houtbiologisch onderzoek

3.2.1 Houtsoorten, herkomst en gebruik

Naast de al bekende gebruikte houtsoorten eik (*Quercus*), els (*Alnus*), berk (*Betula*) en linde (*Tilia*) is in put 2 ook esdoorn (*Acer*) aangetroffen. Deze houtsoort groeide waarschijnlijk in het secundaire eikenbos op de keileembodem langs de veenrand, waar ook berk voorkwam. De els groeide in het randbos langs het veen. De diameters van de geveldde bomen varieert meestal tussen 10 en 20 cm. In de meeste gevallen is gebruik gemaakt van vers hout, getuige de aanwezigheid van schors aan de onderzijde of losse schorsfragmenten naast het wegdek hout.

In enkele gevallen kon worden vastgesteld dat de kap aan het einde van het groeiseizoen plaats heeft gevonden. Dit is te zien aan de laatste, volgroeide jaarring onder de schors.

De leeftijd van het wegdek hout varieert. De elzen zijn gemiddeld 40-45 jaar oud, berken variëren tussen 25-40 jaar. Eik, linde en esdoorn zijn in het algemeen ouder, 90 jaar of meer. Hierbij moet worden opgemerkt dat het linden hout afkomstig is van de buitenste schaal van een stam en dat de leeftijd ruim hoger zal zijn dan het getelde aantal jaarringen. Een berkenstam wijkt af doordat deze ouder is dan 120 jaar. Dit duidt erop dat de elzen en berken afkomstig zijn uit een secundair bos, wellicht verlaten akkers, waaruit een snelle groei mogelijk was. Eik, linde, esdoorn en de oude berk daarentegen komen uit het secundaire eikenbos. De relatief trage groei wijst op een dicht bestand, waardoor de bomen niet vrijuit konden groeien.

Het lijkt erop dat het hout in karrenvrachten is aangevoerd, waarbij delen van een boom achter elkaar zijn neergelegd op het veenoppervlak. Zo lijken houtnummer 1.1 en 1.2 (els) afkomstig van dezelfde boom, alsmede nummers 1.4 en 1.5 (linde); nummer 2.2 (twee delen van esdoorn dicht tegen elkaar

gelegd) en de nummers 2.5 en 2.6 (eik).

In de meeste gevallen zijn stamstukken gebruikt, maar ook spilstukken zijn aanwezig (nummers 1.6 en 1.7 beiden eik; 2.2 beiden esdoorn; 2.8 subno. 1 els). Van de spilstukken zijn de zijtakken verwijderd.

Schaalhout van lindenhout en elzenhout zijn aanwezig in put 1; dit diende om het wegdek te egaliseren. Het lindenhout was afkomstig van een dikke boom, gezien de dikte van de schors. Dit hout dat onder het wegdek is gevonden, kan oorspronkelijk als schaalhout op het wegdek hebben gelegen.

De grotere houtelementen zijn in put 2 nauwsluitend aan elkaar gelegd. Ertussenin zijn kleinere houtfragmenten als 'vulhout' gestopt. Het betreft hier meestal rechthoekige chips van eik en berk, ten dele afkomstig van bijgewerkte takken. Het resultaat was een vrij vlak wegdek.

Opvallend is dat in put 2 verschillende vormen hout zijn gebruikt voor het wegdek. Nummer 2 bestaat uit twee delen van een spilstuk van esdoorn, die als het ware in elkaar zijn gestoken. Hiernaast ligt een rechthoekig gekapte balk en daarnaast een tangentiaal fragment dat een klein schaaldeel zou kunnen zijn. Hiernaast liggen twee stukken eik die als taartpunten uit een stam zijn gekapt; op nummer 5 zijn nog (neolithische) kasporen herkenbaar. Vervolgens een onbewerkt stuk rondhout van berk (nummer 7), een halve boomstam van berk en een spilstuk van els. Het lijkt alsof willekeurig allerlei materiaal door elkaar heen is gebruikt; relatief dunne taartpunten van eik naast een ronde stam. Wellicht dat voor een deel oud constructiehout is gebruikt, hoewel normaliter in een dergelijk geval meer vraatsporen zouden zijn verwacht.

3.3 Houtkenmerken

Twee elzen en een berk vertonen cellen met een onregelmatige vorm en grootte (*pith flecks*). Dit verschijnsel wordt ook wel traumatisch parenchym genoemd en is een gevolg van een reactie op verwondingen. Een berk (nummer 19) vertoont *curl wood*; dit is woekergroei van cellen, als reactie op verwondingen zoals bijvoorbeeld snoei. Met name bij *Rosaceae* komt dit verschijnsel vaak voor. Het meeste wegdekhout van put 2 vertoont een variabele groei, reagerend op lokale omstandigheden. Perioden van slechte groei kunnen ook duiden op slechte groeiomstandigheden zoals koude.

4 Conclusie

Het onderzoek duidt erop dat dringend maatregelen noodzakelijk zijn om de veenweg voor de toekomst te houden. Het is van belang de waterspiegel op alle tijden boven de veenweg te houden, ook in droge periodes, om het rottingsproces niet verder in het hout te laten doordringen. Omdat de veenweg vrij diep onder maaiveld ligt, is de verwachting, dat dit realiseerbaar moet zijn. In 1997 heeft vergelijkbaar onderzoek plaatsgevonden in Ierland aan veenwegen en platforms (Derryville Bog, Tipperary). Daarbij zijn zo'n 8000 stuks hout bekeken. Vergeleken met Ierland is het hout van de veenweg in Nieuw-Dordrecht in betere conditie; schimmelhyphen komen slechts beperkt voor en ook wortelingroei is in het algemeen beperkt. Bovendien is vraat in Ierland veel nadrukkelijker aanwezig. Dit duidt erop dat het veen in Nieuw-Dordrecht in zichzelf goede conserverende eigenschappen heeft.

Het houtonderzoek bevestigt verder de waarnemingen van Casparie bij vorige onderzoekingen.⁴² Naast de eerder bekende eik, els, berk en linde is ook esdoorn gebruikt voor de aanleg van de veenweg.

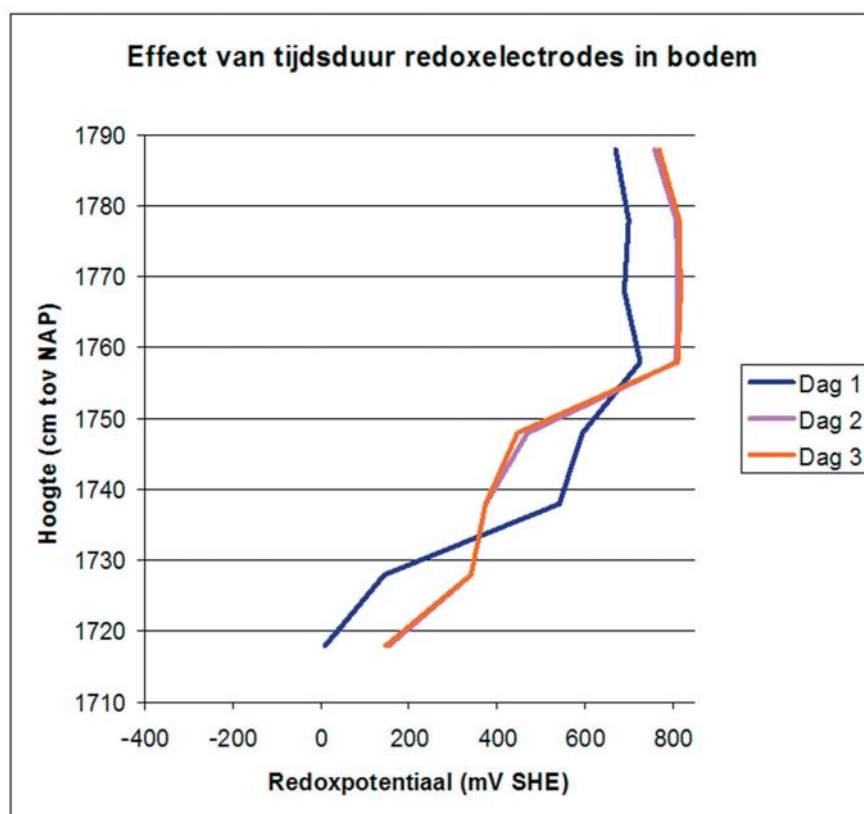
Het hout in put 2 lijkt van willekeurige herkomst te zijn: wellicht dat constructiehout (spaarzaam) is gebruikt, zoals de 'taartpunten' van eik.

⁴² Casparie 1982.

Appendix 2 Effect van tijdsduur op redoxmetingen in de bodem

Nabij proefput 6 is op de eerste velddag een tijdelijk meetopstelling ingericht van acht sondes op 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 en 90 cm onder maaiveld. De redoxpotentiaal is uitgelezen meteen na het installeren van de sondes, vervolgens nogmaals op de tweede en derde velddag. Deze metingen geven in onderstaande grafiek het volgende beeld (afb. 32).

Het blijkt dat de resultaten van de redoxpotentiaal binnen 24 uur stabiel worden en het beste pas een dag na het installeren van de elektrodes uitgelezen kunnen worden. Wanneer de resultaten snel na het installeren van een elektrode worden uitgelezen, is het beeld dat van het verloop van de redoxpotentiaal in de bodem ontstaat *grosso modo* vergelijkbaar met het beeld dat één of twee dagen later zou worden verkregen, maar de absolute waarden wijken af, evenals de diepte waarop de overgang van zuurstofrijk (+/- 800 mV) naar zuurstofarm (<200 mV) zich bevindt.



Afb. 32 Redoxpotentiaal nabij put 6; verschil tussen uitlezen eerste, tweede en derde dag.

Appendix 3 Vergelijking methodes zuurgraad-bepaling van het bodemmilieu

Zoals in paragraaf 4.3.3 reeds is genoemd, is de zuurgraad van het milieu rond de veenweg op verschillende manieren gemeten:

1. de zuurgraad van monsters van het bodemvocht (pH-bodemvocht);
2. de zuurgraad van de bodem is *in situ* gemeten met een ISFET-elektrode (pH *in situ*);
3. de zuurgraad van 0,01M CaCl₂ extracten van een aantal bodemmonsters (pH CaCl₂)

De drie verschillende methodes leveren ook (in meer of mindere mate) verschillende uitkomsten. Om vast te stellen hoe groot deze verschillen zijn, kunnen de methodes onderling vergeleken worden - juist op die meetlocaties waar beide methodes gebruikt zijn. Dat is het geval op vijf plaatsen, daar is het zuurgraad van het bodemvocht (pH-bodemvocht) en de zuurgraad van het bodemmilieu *in situ* (pH-*in situ*) vlak naast elkaar bepaald (Tabel 1).

De vergelijking van de resultaten geeft aan dat er een systematisch verschil is tussen de pH-bodemvocht en pH-*in situ*. De *in situ* gemeten waarde is 0,2 tot 2 pH-eenheden lager. Mogelijke oorzaken voor dit verschil zijn:

- tijdens het bemonsteren van het bodemvocht worden grote organische moleculen tegen gehouden door het ceramische filter. Deze grote moleculen bepalen mede de zuurgraad van de bodem. Het bodemvocht zonder deze organische moleculen is minder zuur;
- het bodemvocht wordt met onderdruk bemonsterd, waardoor het CO₂-evenwicht in het bodemvocht verschuift. De bestaande balans in H₂O + CO₂ ↔ H⁺ + HCO₃⁻ wordt door de onttrekking van CO₂ naar links verschoven, waardoor de zuurgraad stijgt. Dit kan echter niet de enige verklaring zijn: de pH van het bodemvocht van het monster in put 6, 17,68 m +NAP, is 5,6, hetgeen overeenkomt met de pH van water in evenwicht met de concentratie CO₂ in de atmosfeer (aangenomen dat er geen andere zuren dan H₂CO₃ in het water aanwezig zijn). De pH *in situ* van hetzelfde monster is 3,6, hetgeen bereikt zou

Put	Diepte cm tov NAP	Diepte cm tov mv	pH-bodemvocht	pH in situ
4	1780	-55	4,4	3,7
4	1755	-80	4	3,5
4	1735	-100	4,9	4
6	1768	-40	5,6	3,6
6	1748	-60	4,4	4,2

Tabel 1 Vergelijking pH-bodemvocht en pH-*in situ*

kunnen worden door een pCO₂ van 0,5 atmosfeer. Dit zou betekenen dat de helft van de lucht in de bodem uit CO₂ zou bestaan. Dit is niet waarschijnlijk. Op vier plaatsen zijn de pH-CaCl₂ en de pH-*in situ* vlak bij elkaar bepaald, waardoor eveneens een vergelijking mogelijk is (Tabel 2). Er is een systematisch verschil tussen pH-CaCl₂ en pH-*in situ*, waarbij de *in situ*-meting 0,1- 0,3 eenheden hoger (dus minder zuur) is. Dit is een bekend effect, en mede het gevolg van de CaCl₂-extratiemethode. Tijdens de extractie van de bodem met CaCl₂ komen er namelijk extra H⁺-ionen in oplossing die gebonden waren aan het bodemmateriaal. Deze leiden tot een iets lagere zuurgraad dan oorspronkelijk in de bodem.

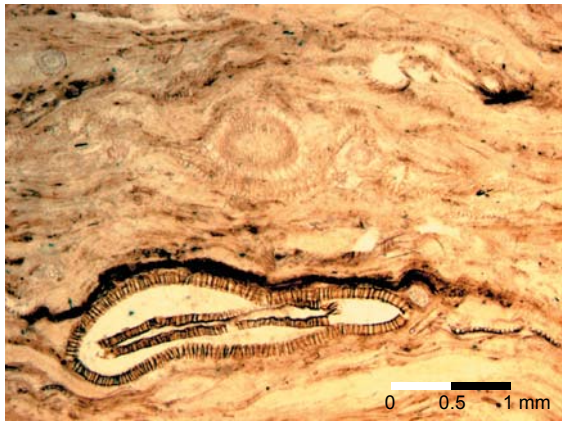
Gezien het verschil tussen pH-CaCl₂ en pH-*in situ* enerzijds en pH-bodemvocht anderzijds en gezien dat de twee mogelijke verklaringen waarom pH-bodemvocht afwijkt van pH-*in situ* methodisch van aard zijn, ligt het voor de hand pH-bodemvocht bij de interpretatie niet verder te gebruiken. Omdat er

Put	Diepte cm tov NAP	Diepte cm tov mv	pH-CaCl ₂	pH-in situ
4	1825	-10	4,8	5,1
4	1800	-35	4,1	4,3
4	1765	-70	3,4	3,5
4	1735	-100	3,7	4

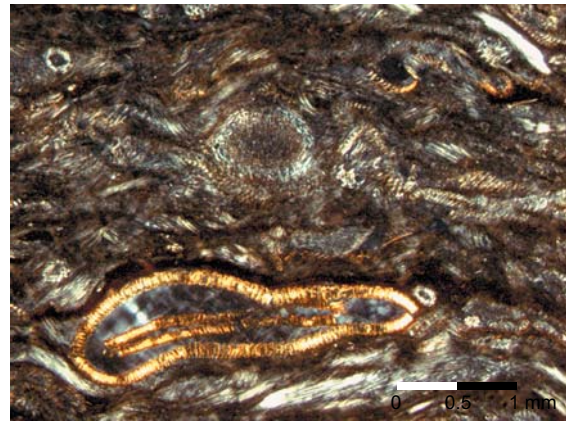
Tabel 2 Vergelijking pH-CaCl₂ en pH-*in situ*

slechts vier pH-CaCl₂-metingen zijn en > 20 pH-*in situ*-metingen, worden deze laatste voor de interpretatie gebruikt.

Appendix 4 Kleurenplaten



A

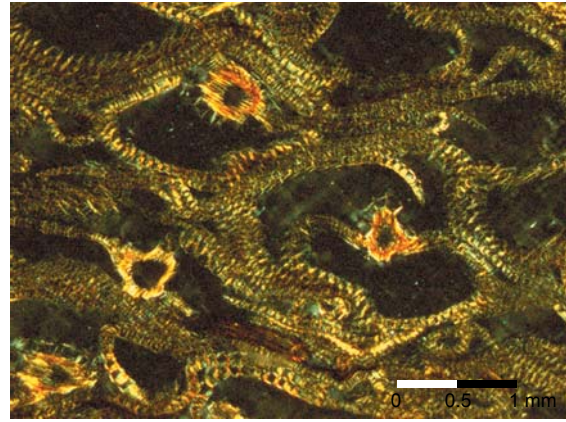


B

Afb. 23 Onverveerd veen in gewoon (a) en gepolariseerd (b) licht. Een groot aantal plantstructuren is herkenbaar. De lichte kleuren in afbeelding 23b duiden op de aanwezigheid van onverveerde cellulose: dit geeft aan dat dit materiaal niet of nauwelijks is aangetast (slijplaat 05-003).

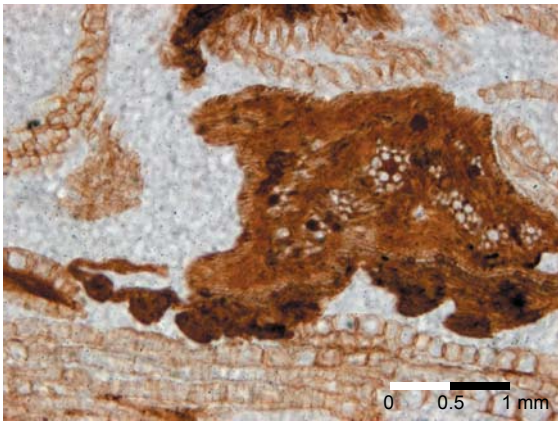


A

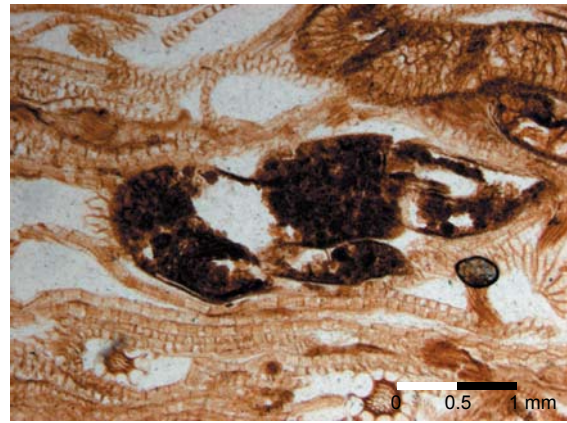


B

Afb. 24 Onverveerd sphagnumveen met een zeer open structuur in normaal licht (a) en gepolariseerd (b) licht. De open structuur wijst erop dat sinds depositie geen compactie of aantasting van de structuur heeft plaatsgevonden. De lichte delen in (b) geven daarnaast ook aan dat cellulose nog steeds in ruime mate aanwezig is en dat microbiële aantasting niet of zeer beperkt heeft plaatsgevonden (slijplaat 05-005)

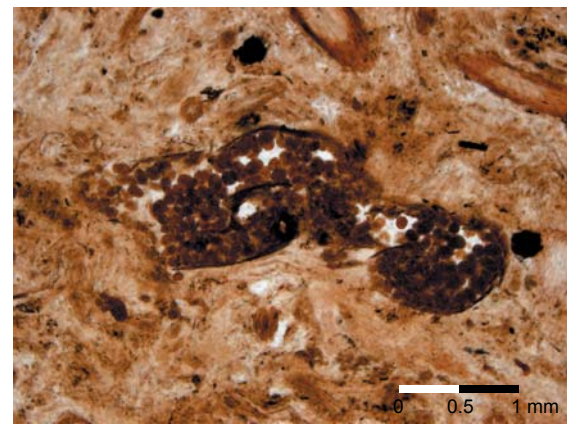


A

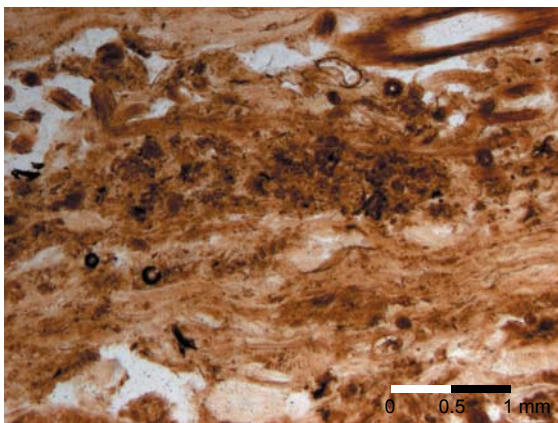


B

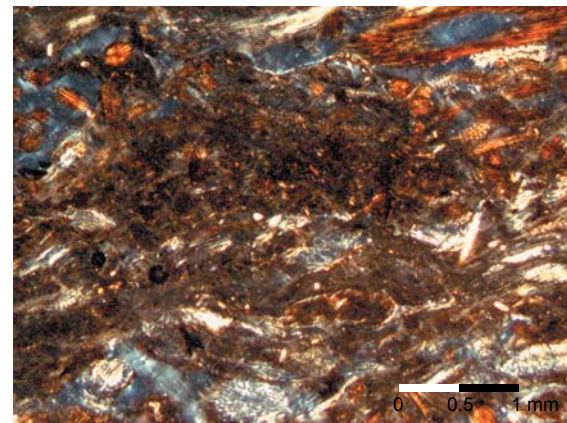
Afb. 25 Verschillende soorten plantenresten van *faecal pellets* (uitwerpselen van bodemfauna), in afbeelding a in normaal licht (slijpplaat 05-005). Afbeelding b toont - in normaal licht - een cluster *faecal pellets* in onverweerd sphagnumveen met een zeer open structuur (slijpplaat 05-005; zie ook afb. 24). De afbraakactiviteiten van bodemfauna in ruimtelijk beperkt gebleven. In afbeelding c is een cluster *faecal pellets* in een vrij sterk gedegradeerde bodemmassa zichtbaar, in normaal licht (slijpplaat 05-006).



C

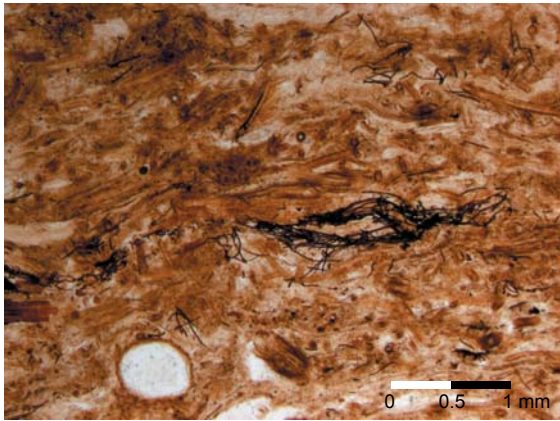


A

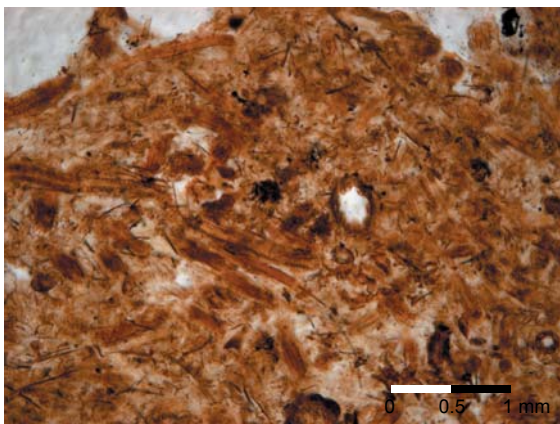


B

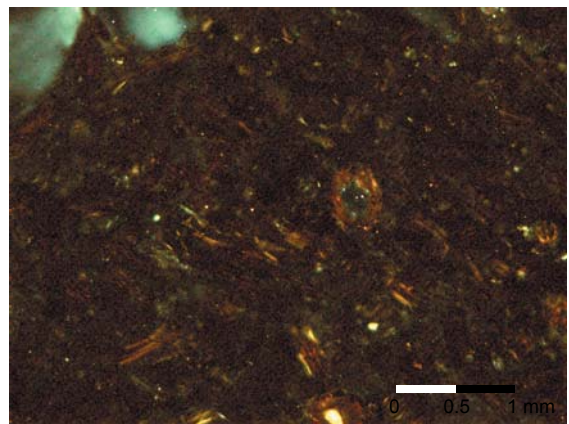
Afb. 26 Laag met aangetaste plantenresten en *faecal pellets* in normaal licht (a) en gepolariseerd licht (b), waargenomen in slijpplaat 05-003. De oplichtende delen (in b) geven aan dat nog steeds sommige plantenresten onaangestaste cellulose bevatten. De meeste resten blijven echt donker wat erop wijst dat cellulose is afgebroken.



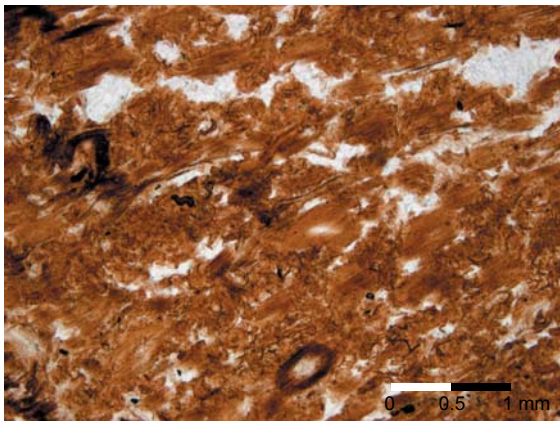
Afb. 27 Clusters schimmeldraden in bodemmassa, in normaal licht (slijpplaat 05-004). De donkere kleur van de schimmeldraden is mogelijk een gevolg van impregnatie met humuszuren.



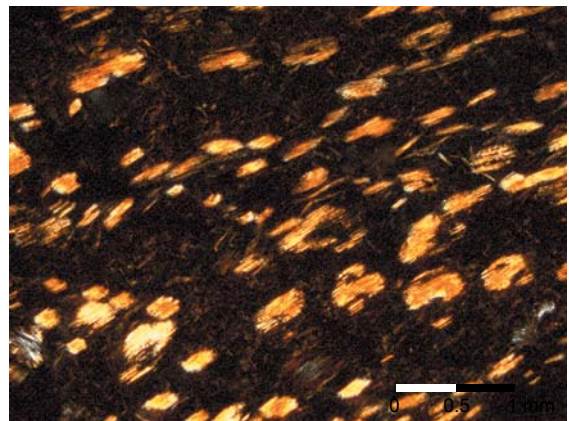
A



B



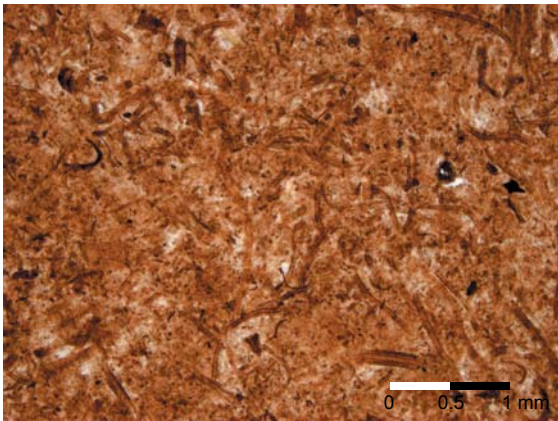
C



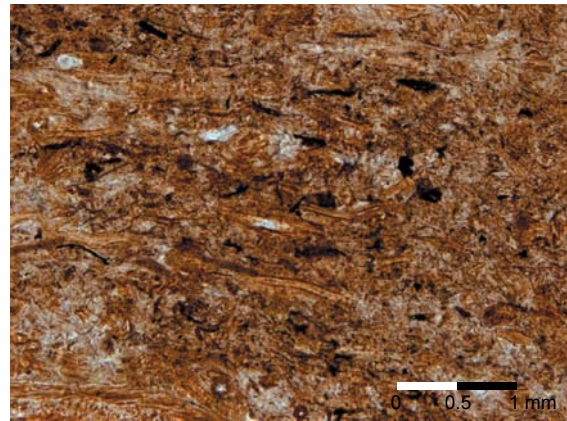
D

Afb. 28 Halfveraard veenlaagje in normaal licht (a) en gepolariseerd licht (b), in slijpplaat 05-006. Plantstructuren zijn nog herkenbaar, maar zijn wel gefragmenteerd. Een groot deel van de grondmassa bestaat uit amorf organische massa, waarin ook stukjes schimmeldraad herkenbaar zijn. In gepolariseerd licht (b) ontbreken celluloserijke (oplichtende) delen. Het geheel duidt op een combinatie van microbiële afbraak en vraat door bodemfauna.

Inhomogeen aangetast veen in normaal (c) en gepolariseerd licht (d), in slijpplaat 05-007. De bodemmassa bestaat uit een volledig omgezette massa, waarin een groot aantal domeinen voorkomt die niet zijn aangetast en zelfs in gepolariseerd licht (d) celluloserijk blijken te zijn.

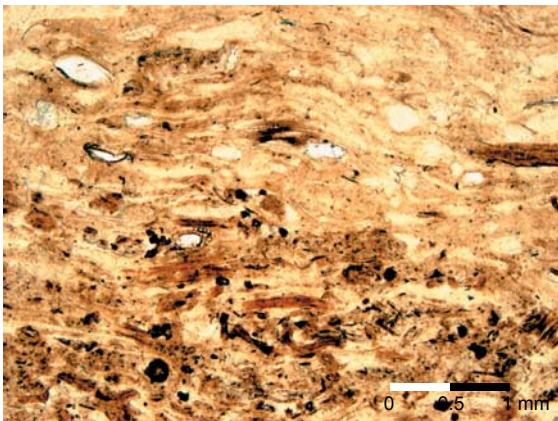


A

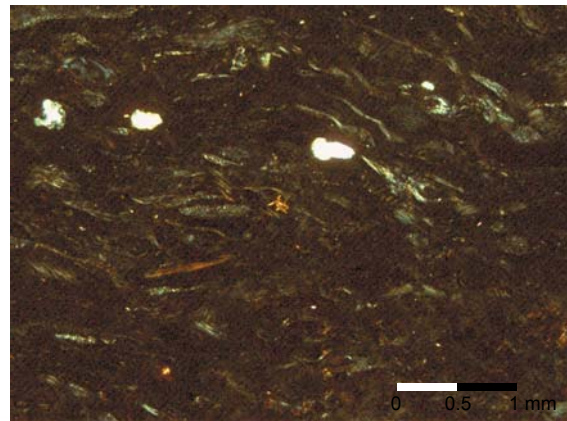


B

Afb. 29 Twee voorbeelden van veraard veen, in normaal licht: in slijpplaat 05-007 (a) en in slijpplaat 05-008 (b).

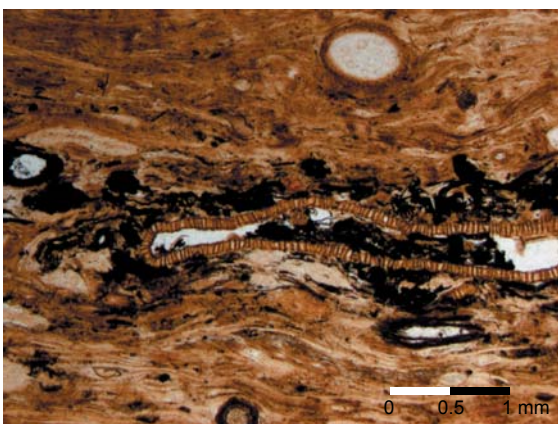


A



B

Afb. 30 Veraard veen met erboven, met een vrij scherpe grens, niet-veraard veen, in normaal licht (a) en gepolariseerd licht (b). Rond de grens zijn vier grove kwartskorrels herkenbaar.



Afb. 31 Laagje met verkoold materiaal, in slijpplaat 05-004, in normaal licht.