

Jos Bazelmans en Esther Jansma

Subfossiel hout op waarde geschat

De dennen en eiken van Leusden, Wageningen, Stegeren, Rheeze en Weesp

De systematische studie van jaarringen gaat terug tot in de negentiende eeuw. De dendrochronologie kreeg echter pas vleugels in de twintigste eeuw, eerst, direct na de Eerste Wereldoorlog, in de Verenigde Staten en later, in de jaren voor de Tweede Wereldoorlog, ook in Duitsland en Rusland. In de jaren tachtig en negentig slaagden de ROB, de UvA en de in 1993 door hen samen opgerichte Stichting RING erin om dit vakgebied ook in Nederland de plaats te geven die het verdient. Tegenwoordig hoort het tot de alledaagse routine van Nederlandse archeologen om houten objecten en structuren dendrochronologisch te laten dateren. De dendrochronologie mag echter niet vereenzelvigd worden met dateren alleen. Het onderzoek van jaarringen geeft ook inzicht in hydrologische en klimatologische ontwikkelingen, in de ontwikkeling van het landschap en in het ingrijpen van de mens in zijn omgeving. Hieronder worden vier voorbeelden beschreven, in alle gevallen onderzoek van hout uit een natuurlijke, niet-archeologische context. De voorbeelden vormen de aanleiding voor een pleidooi voor een betere zorg voor dit unieke deel van ons bodemarchief.

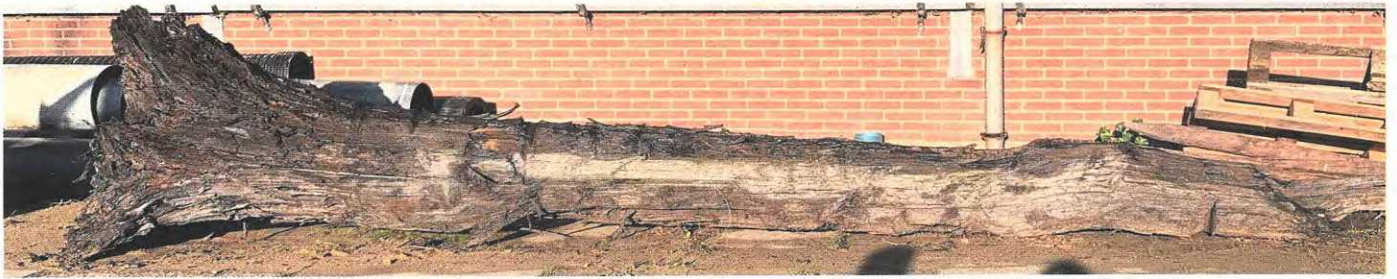
Toepassingen van de dendrochronologie

De breedte van een jaarring is voornamelijk het gevolg van het klimaat en de bodem waarop een boom groeit.¹ Een voor een bepaalde boomsoort gunstige combinatie van ondergrond, temperatuur en neerslag leidt tot een snelle aanwas en een brede ring, terwijl een combinatie van minder gunstige omstandigheden een langzame aanwas en dus een smalle ring oplevert. Als bomen onder dezelfde bodemkundige en klimatologische omstandigheden groeien, en deze omstandigheden periodiek ongunstig zijn voor hun groei, lijken hun opeenvolgende jaarringen sterk op elkaar. De opeenvolging van vele tientallen afwisselend smallere en bredere jaarringen in deze soorten – jaarringen die steeds in elkaar opvolgende kalenderjaren zijn ontstaan – vormt zo een karakteristieke 'streepjescode' voor een bepaalde periode in een bepaald gebied. Dit gegeven vormt de basis voor de bekendste en hier als eerste genoemde toepassing van de dendrochronologie: dateren. Uit combinaties van vele sterk op elkaar lijkende, overlappende jaarringreeksen van levende bomen en van hout uit historische gebouwen, opgravingen

▼ Een subfossiele eik uit de Weesper Bloemendalerpolder wordt bemonsterd.



- ▼ Deze veeneik werd bij de aanleg van een waterinfiltratiesysteem gevonden bij Kortrijk bij Breukelen. Een C14-datering maakt dat duidelijk dat ze stamt uit de tweede helft van het tweede millennium voor Christus.



gen, rivieren, meren en veen worden gemiddelde regionale jaar-ringkalenders samengesteld. Deze worden gebruikt om de op-eenvolging van jaarringen in houten objecten op het jaar nauwkeurig te dateren.

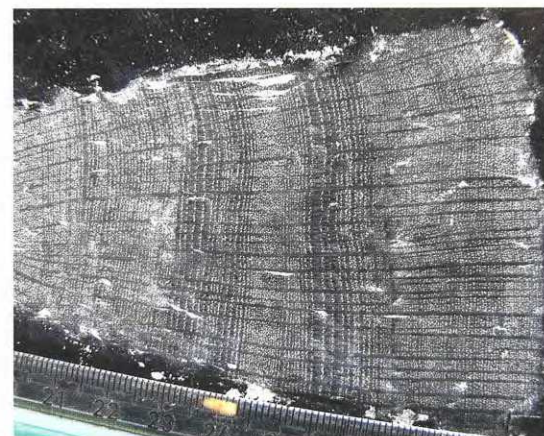
In Nederland wordt sinds de jaren tachtig gewerkt aan dendrochronologische jaar-ringkalenders.² Archeologisch hout speelt daarbij een belangrijke rol, maar de belangrijkste vorderingen zijn gemaakt op basis van de studie van eiken die onder relatief natte omstandigheden groeiden en onder uiteenlopende omstandigheden in de bodem bewaard zijn gebleven, de zogeheten 'veeneiken'.³ De kalenders die ontwikkeld zijn uit eikenhout dat in Nederland is gevonden, reiken met enkele hiaten ongeveer 8400 jaar terug in de tijd. Soortgelijke lange referentiekalenders zijn intussen voor veel regio's in de wereld beschikbaar. Sommige daarvan spelen een belangrijke rol in de kalibratie van de C14-dateringsmethode.⁴ Onderzoek van Nederlands hout heeft daarin tot voor kort geen rol gespeeld, maar hier mag worden vermeld dat onlangs een in 1997 bestudeerd en sindsdien bij de RCE bewaard houtmonster uit Bodegraven een rol

speelde in de vormgeving van belangrijk deel van de nieuwste kalibratiecurve IntCal20.⁵

In de tweede plaats vormen bomen een bron voor de studie van jaar tot jaar van klimatologische en hydrologische ontwikkelingen.⁶ De breedte van een jaarring is immers grosso modo de resultante van de temperatuursom in voorjaar en zomer en de beschikbaarheid van water. Als het gaat om veeneiken, is laatstgenoemde factor doorslaggevend, want zij bevonden zich in hydrologisch opzicht aan de grenzen van hun natuurlijke leefgebied.⁷ Overvloedige neerslag en vooral overstromingen vanuit nabijgelegen rivieren konden onder meer door wortelrot in een bepaald jaar leiden tot een minimale aanwas en een verstoring van de groei, die nog jaren daarna kon doorwerken.

In de derde en laatste plaats kunnen bomen, zeker wanneer het gaat om een relatief grote en in ruimte begrensde steekproef, een beeld geven van de lokale en regionale bosontwikkeling en daarmee van de landschappelijke ontwikkeling. Soms is ook de invloed van de mens op het landschap daarbij zichtbaar.

Hieronder worden in het kort vier voorbeelden beschreven



- ▲ Deze subfossiele eik uit Wageningen-Binnenveldse Hooilanden uit het vierde millennium voor Christus laat de voor veeneiken karakteristieke afwisseling zien van brede en (soms zeer) smalle jaarringen.
- ◀ Sinds 2016 heeft de Rijksdienst op verschillende plekken honderden subfossiele eiken gedocumenteerd en bemonsterd. In veel gevallen konden de bomen niet in hun oorspronkelijke geologische context worden bestudeerd.

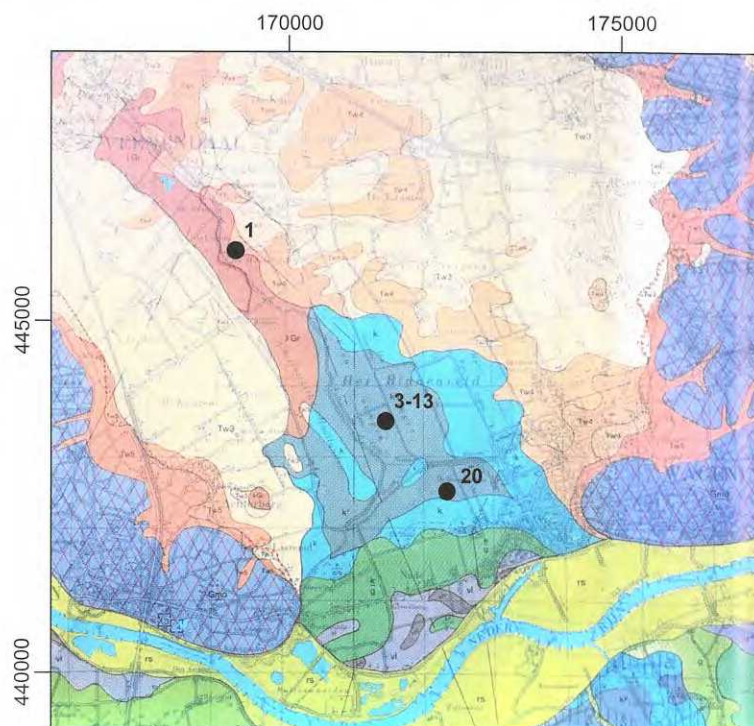
- ▼ In de Binnenveldse Hooilanden bij Wageningen werden zestien subfossiele eiken (zie nrs. 3-13 plus vijf losse vondsten) gevonden die hier door de Rijn zijn afgezet in het midden van de twaalfde eeuw voor Christus.

van het onderzoek van subfossiel hout, met aandacht voor de opbouw van kalenders, klimatologie, hydrologie en landschapsontwikkeling. De voorbeelden zijn ontleend aan het onderzoek dat de RCE sinds 2016 op uiteenlopende plekken in Nederland heeft uitgevoerd. Losse vondsten kwamen vaak naar boven bij ploegen; grotere vondstcomplexen een enkele keer bij de bouw van huizen, maar meestal bij natuurontwikkeling.

Abrupte afkoeling

In de zomer van 2016 werden bij zandwinning op het landgoed Den Treek-Henschoten (Leusden) in een dik pakket jong dekzand subfossiele bosresten aangetroffen.⁸ Binnen een gebied van 0,27 hectare konden 165 dennen (grove den) en twee berken worden gedocumenteerd. De meetreeksen van respectievelijk zestien en vierentwintig verschillende bomen konden aan twee groepen worden toegewezen. De ene groep omvat 106 jaren en de andere 201 jaren. Beide groepen verschillen onderling zodanig, dat aangenomen mag worden dat het gaat om twee verschillende bosbestanden die op verschillende momenten groeiden. Van beide groepen werden van een aanzienlijk aantal individuele jaarringen – met een bekende onderlinge afstand in jaarringen – C14-dateringen uitgevoerd. Door te zoeken naar een beste passing tussen de opeenvolging van gedateerde jaarringen en de verkregen C14-dateringen (zogenoemde wiggle matching) werd het mogelijk beide reeksen zeer nauwkeurig te dateren. De oudste boomgroep leefde tussen circa 13.475 en 13.390 jaar geleden en de jongste tussen circa 12.995 en 12.745 jaar geleden.

Beide groepen dennen leefden met andere woorden tijdens het Allerød, een warme periode in het laatste deel van de laatste ijstijd. Onderzoek van Groenlandse ijskernen laat zien dat deze overgangperiode naar het huidige warme Holoceen gekenmerkt werd door vrij abrupte processen van afkoeling en opwarming.⁹ Als de bosontwikkeling in Leusden wordt vergeleken met de temperatuurgegevens voor deze periode, dan zijn



in de oudste boomgroep de eerste dennen te herkennen die erin slaagden om vanuit hun zuidelijk gelegen refugia en onder relatief warme condities Nederland voor het eerst te koloniseren. Aan de rand van hun verspreidingsgebied waren zij echter gevoelig voor een tijdelijke afkoeling, die iets meer dan honderd jaar na hun komst plaatsvond, en dolven ze het onderspit. Zo'n vierhonderd jaren later keerde de grove den opnieuw terug onder relatief warme condities. De ondergang van dit tweede oerbos, na iets meer dan twee eeuwen, kan eenduidig in verband worden gebracht met een zeer abrupte daling in de tempera-



- ▲ Een van de Laatglaciale dennen van Leusden-Den Treek, geveld door een abrupte klimaatverandering

- ▲ Een van de bomen van Leusden-Den Treek wordt bemonsterd.

tuur rond 12.850 jaar geleden, die samenviel met het begin van de duizendjarige Jonge Dryas-periode. Het onderzoek geeft daarmee een uniek inzicht in de snelle milieuveranderingen waarmee de toenmalige jagers-verzamelaars in dit gebied te maken hebben gehad. In uitzonderlijk korte tijd veranderde een open maar aangesloten bosgebied in een toendra. Uitgestrekte vlakten met grote hoeveelheden dode dennen vormden voor hen die hun levenswijze ingrijpend wisten aan te passen een tastbare herinnering aan deze ingrijpende verandering.

Kromme Eem

Tussen de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe ligt het dal van de voormalige Kromme Eem.¹⁰ Hier is tussen 2015 en 2020 een nieuw natuurgebied gerealiseerd. Dat ging gepaard met groot-schalig grondverzet, waarbij op drie verschillende plekken subfossiele eiken zijn gevonden, 22 in totaal. Veertien bomen bevonden zich nog in hun oorspronkelijke geologische context. Elf exemplaren konden dendrochronologisch worden gedateerd en één boom werd gedateerd met behulp van de C14-dateringsmethode. Dit is geen uitgesproken groot aantal bomen, maar het belang ervan kan niet worden onderschat. Zo zijn ze belangrijk voor zowel de uitbouw van Nederlandse jaarringkalenders als voor onze kennis van de ontwikkeling van het oostelijk rivierengebied. De groeipatronen van deze eiken passen namelijk precies in delen van de Nederlandse jaarringkalender die zwak ontwikkeld zijn door een gebrek aan houtvondsten uit deze periode. Daarnaast biedt de Wageningse vindplaats ook de mogelijkheid om de groei van eiken in de Nederlandse delta in een breder geografisch verband te onderzoeken en reconstrueren. Tot slot hebben de Wageningse bomen betekenis voor de kennis over de ontwikkeling van de Nederrijn en de daarop uitwaterende Kromme Eem. Drie bomen leveren absoluut gedateerde aanwijzingen voor de vernatting in het vijfde en vierde millennium voor Christus van de grote dalvlakte tussen de Heuvelrug en de

▼ De subfossiele eiken van de Binnenveldse Hooilanden kregen een prominente plek binnen het nieuwe natuurgebied.



▲ In de Binnenveldse Hooilanden bij Wageningen werd in een dunne laag veen en onder kleiafzettingen van de Rijn een subfossiele eik aangetroffen. De eik stierf tussen circa 3630 en 3590 voor Christus.



▲ In de Binnenveldse Hooilanden werd een elftal eiken gevonden in hun originele context. Ze zijn hier in de twaalfde eeuw voor Christus afgezet tijdens een overstroming van de Oude Rijn. Op de achtergrond de Grebbeberg.

Veluwe in het Subboreaal. Een boom die werd afgedekt door kleiafzettingen van de Nederrijn geeft een betrouwbare begindatering voor het ontstaan en de ontwikkeling van een belangrijke geul van de Rijn (na 3590 voor Christus). Een depositie tijdens een overstroming van de Rijn van zestien bomen uit de veertiende tot en met de twaalfde eeuw voor Christus past goed binnen de ontwikkeling van dit geulsysteem.

Meanderen

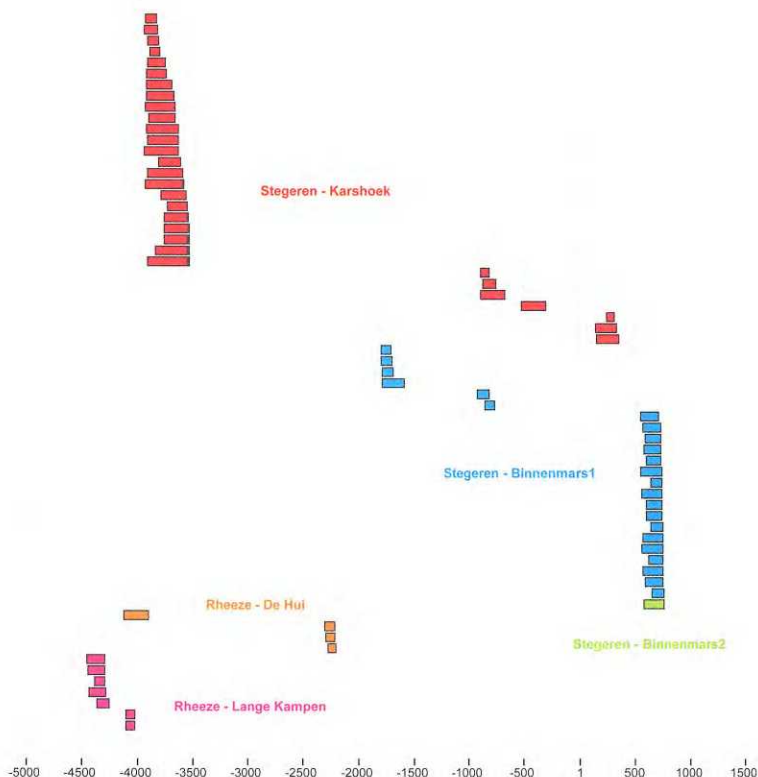
In de laatste jaren werkt het Waterschap Vechtstromen (Overijssel) aan 'een veilige en halfnatuurlijke laaglandrivier'. De Vecht moet meer ruimte krijgen om bij hoog water gemakkelijker buiten zijn oevers te treden en in de periodes van droogte water vast te houden. In dat kader worden nieuwe nevengeulen en meanders aangelegd. Het laatste is het geval bij de dorpen Rheeze en Stegeren. Bij de grondwerkzaamheden werden op zes verschillende plaatsen subfossiele eiken en beuken aangetroffen. De eiken konden niet in situ worden gedocumenteerd.

Van de bomen is slechts bekend dat ze stammen uit de verschillende, nieuw aangelegde segmenten van de Vecht. Dat kan betekenen dat ze per vindplaats tevoorschijn zijn gekomen uit geulvullingen met uiteenlopende ouderdom. In dit licht is het beeld dat ontstaat uit het dendrochronologisch onderzoek opmerkelijk.¹¹ Bij twee vindplaatsen met een groot aantal vondsten is bij de eiken namelijk een duidelijke clustering in de tijd te zien. De bomen van Stegeren-Karshoek stammen vooral uit de eerste helft van het vierde millennium voor Christus en die van Stegeren-Binnenmars 1 (en de ene boom van Stegeren-Binnenmars 2) vooral uit de zesde tot en met achtste eeuw na Christus. Ook waar het aantal



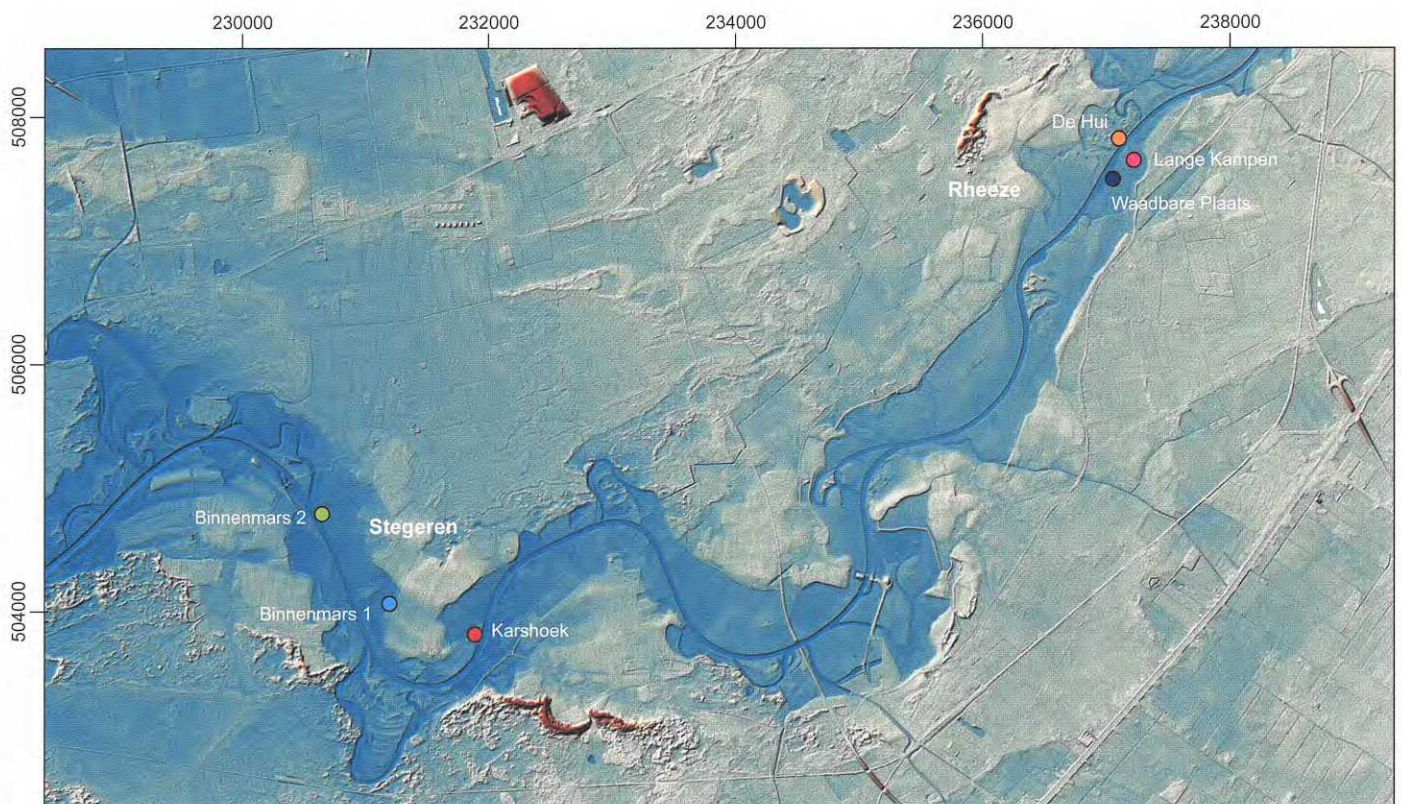
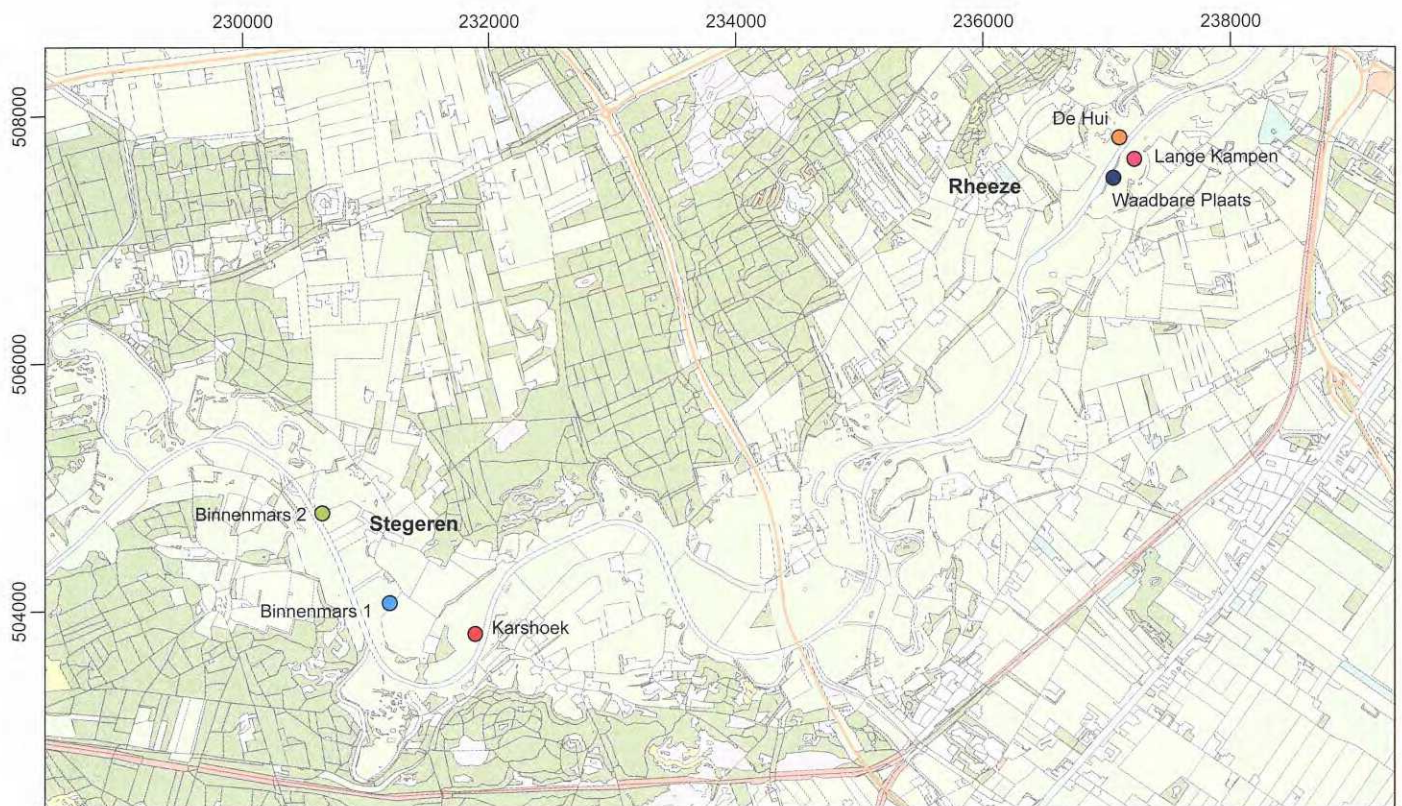
▲ Roel Westerman uit Rheezeveer maakte van de subfossiele eiken uit het Overijsselse Vechtdal dit prachtige krukje.

▼ Bij verschillende natuurontwikkelingsprojecten in het dal van de Overijsselse Vecht werden honderd subfossiele eiken bemonsterd. Deze eik had 360 jaarringen en stierf rond 3574 voor Christus.



▲ Een belangrijk deel van de bij Stegeren en Rheeze geborgen subfossiele eiken kon dendrochronologisch worden gedateerd. Opvallend is de ruime spreiding in de tijd maar ook de clustering in de tijd per vindplaats.



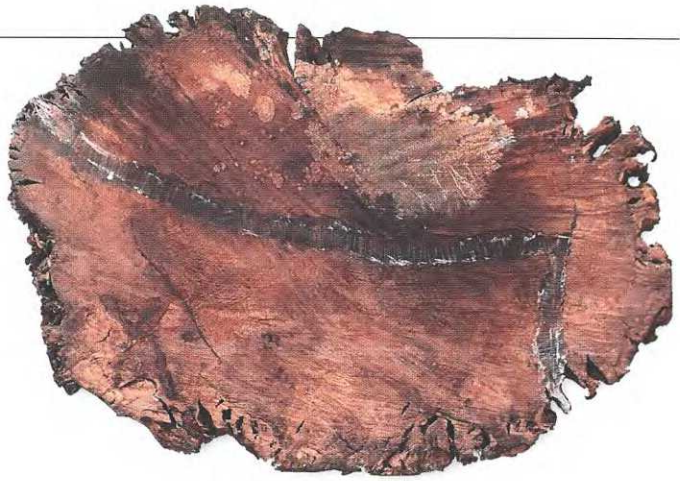


▲ In 2020 en 2021 konden op zes plekken in het dal van de Overijsselse Vecht honderd subfossiele veeneiken worden geborgen.

vondsten kleiner is, is meestal sprake van bomen met een vrijwel identieke datering. Er zijn kleine clusters te zien met sterfdata in de decennia voor of rond circa 4275, 2200, 1680 en 750 vóór en 350 na Christus. Interessant is ook dat alle bomen geen groeireducties laten zien die karakteristiek zijn voor natte standplaatsen. Het gaat dus waarschijnlijk niet om eiken die groeiden op de dalbodem maar die stammen van door meanders ondergraven dalranden. Dit is opmerkelijk, want de Vecht zou in een groot deel van de pre- en protohistorie 'slechts' een slingerende rivier zijn geweest.¹² Regenwater werd namelijk voor een groot deel vastgehouden door de enorme hoogvenen die zich in de loop van het atlanticum ten noorden en ten zuiden van de rivier vormden. Pas met de grootschalige afgravingen van deze venen verdween dit waterbergend vermogen, kwam het tot grote piekafvoeren en ging de Vecht sterk meanderen. Het vondstbeeld lijkt er echter op te wijzen dat de Vecht ook al veel eerder meanderde.

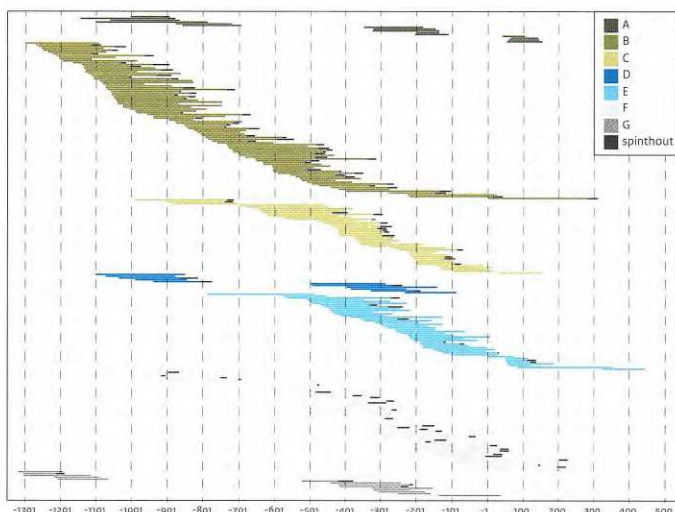
Ontbossing

Sinds de zomer van 2019 worden door de RCE regelmatig veeneiken geborgen in twee gebieden ten noorden van Weesp, bij grootschalige bouwwerkzaamheden in de westelijk van de Vecht gelegen Bloemendalerpolder en bij het ploegen van akkers in de oostelijk van de Vecht gelegen Hondswijkpolder. In totaal werden bijna 200 exemplaren bemonsterd. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de eiken ter plekke groeiden in een elzenbroekbos. Hoewel het oudste exemplaar 357 jaarringen bevat, hoeft het dan ook niet te verbazen dat de meeste bomen gemiddeld slechts iets meer dan 220 jaar oud werden. De eiken uit de Bloemendalerpolder groeiden daar in de periode van de dertiende eeuw vóór tot in de vierde eeuw na Christus en die uit de Hondswijkpolder leefden van de tiende eeuw vóór tot in de tweede eeuw na Christus. Samen met de analyse van meer dan 140 andere gedateerde veeneiken uit dezelfde periode die tussen 1986 en 2020 in het gebied van Vecht en Angstel zijn gevonden, vormen de nieuwe gegevens een forse versterking van de voor West-Nederland beschikbare jaarringkalender. Tevens zullen ze een vooraanstaande rol spelen in de studie van neerslag en overstromingen in de Nederlandse delta in het eerste millen-



nium voor Christus. Dat is echter nog toekomstmuziek. Wel is al duidelijk hoe de lokale bosgeschiedenis past in de landschappelijke ontwikkeling van het gebied van Angstel en Vecht.

De eerste opvallende constatering is dat er al eeuwen voor het ontstaan van het Vecht-Angstel-systeem – volgens geologen rond 800 voor Christus – eiken groeiden. Het kan zijn dat er mogelijk al veel eerder kleine (later opgeruimde) verbindingen tussen de Rijn en lokale veenmeren bestonden, waardoor eutroof (met veel minerale voedingsstoffen) water zonder of met slechts weinig sediment werd aangevoerd. In de tweede plaats lijkt er geen sturende, negatieve invloed te zijn geweest van het ontstaan van Vecht en Angstel op de bosontwikkeling bij Weesp en omgeving. Met één uitzondering: als we de dendrochronologische onderzoeksresultaten samenvoegen voor het hele gebied dan is rond 650 voor Christus een sterk verminderde sterfte te zien, waarschijnlijk als gevolg van het ontbreken van aanwas in de eeuwen ervoor, en een versnelling van de bosaanwas na 650 voor Christus. In het algemeen is er een zich steeds weer vernieuwend bosbestand geweest. De bomen laten weliswaar regelmatig één of meer opeenvolgende zeer dunne jaarringen zien – het effect van (zeer) ongunstige hydrologische groeiomstandigheden – maar blijkbaar deden zich geen catastrofale overstromingen voor die het einde van de bossen betekenden. Vermeld moet wel worden dat er ook vanaf 400 tot 350 voor Christus op beide plekken sprake lijkt te zijn geweest van een sterk verminderde aanwas. En op beide plekken verminderde de bosaanwas in de laatste eeuwen voor Christus zodanig, dat er bijna geen bomen zijn gevonden die gestorven zijn na het midden van de eerste eeuw voor Christus. Uiteindelijk gingen de bossen op beide plekken in de midden- of laat-Romeinse tijd geheel ten onder. Iets dergelijks zien we ook terug in andere delen van het gebied van Vecht en Angstel. Een natuurlijke oorzaak is mogelijk, maar het ligt meer voor de hand dit te interpreteren als een aanwijzing voor grootschalige boskap door de lokale bevolking en later het Romeinse leger. Deze verklaring wordt ondersteund door het gegeven dat dit houttype in West-Nederland is gebruikt in de Romeinse militaire infrastructuur, waaronder de limesweg die in 100 na Christus werd aangelegd langs de Oude Rijn.



◀ Overzicht van de dendrochronologische dateringen van veeneiken in het gebied van Vecht en Angstel (1300 BCE – 400 CE). Ieder balkje vertegenwoordigt één boom. Spinhout is in zwart aangegeven (data: Stichting RING, RCE en Van Daalen Dendrochronologie). A = Overig; B = Bloemendalerpolder; C = Hondswijkpolder; D = Diemen-Gemeenschapspolder; E = Diemer-Overdiemerpolder; F = Abcoude (inclusief Winkelbuurt); G = Vinkeveen.

- ◀ Deze eik van Weesp-Bloemendalerpolder is in het veen schuin weggezaakt en doorgegroeid. De straal rechtsonder eindigt namelijk op 1179 voor Christus met bast, terwijl aan de linkerkant op 1081 voor Christus het spinhout (tussen kern en bast van de boom) nog niet is bereikt.

Slot

De dennen en eiken van Leusden, Wageningen, Stegeren, Rheeze en Weesp zijn voorbeelden van een kostbaar en eindig natuurlijk bodemarchief. Ze bieden de mogelijkheid om jaarringkalenders verder uit te bouwen, inzicht te verkrijgen in belangrijke klimatologische en hydrologische veranderingen, en belangrijke landschappelijke veranderingen op het spoor te komen. De studie ervan is essentieel voor een goed begrip van het natuurlijk milieu waarin de mens in het verleden opereerde. Soms is in deze vroegere bossen ook de invloed van de mens zelf zichtbaar. In de afgelopen jaren is de RCE in staat geweest grote aantallen subfossiele bomen te bemonsteren en te documenteren. Vaak is de vindplaats bekend, maar in de meeste gevallen ontbreekt helaas informatie over de exacte geologische vondstcontext. Dit doet

ernstige afbreuk aan de onderzoeksmogelijkheden. De zorg voor dit deel van het bodemarchief moet structureel worden geregeld. Dit is nog niet gerealiseerd omdat deze bosresten niet als archeologisch erfgoed worden beschouwd – zelfs al maakte de mens gebruik van deze bossen – maar als aardkundig erfgoed. Het gebrek aan afspraken hierover is jammer, want met betrekkelijk kleine investeringen in veldwerk en laboratoriumonderzoek zijn, zoals hierboven is aangetoond, heel bijzondere resultaten te boeken. Met de kennis die door de jaren heen is opgebouwd, is het inmiddels ook mogelijk om op voorhand de gebieden en geologische niveaus in Nederland aan te wijzen waarin subfossiele bosresten kunnen worden aangetroffen. De evaluatie van de Erfgoedwet biedt een kans om subfossiel hout onder het erfgoedbegrip te brengen.

Verantwoording

Wij willen Landgoed Den Treek-Henschoten, Buijtenhuis BV, Martens en Van Oord NV, Van der Wiel BV, BPD Gebiedsontwikkeling, Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, Waterschap Vechtstromen, Emilie Sloof, Johnny Klokke, Tjakko Smit, René Klaassen, Bertus Haverkort, Joop Verbeeth, Anthony Rietveld, Wouter Slors, Bert Groenewoudt en Roel Westerman hartelijk bedanken voor hun hulp bij ons onderzoek. Sjoerd van Daalen (Van Daalen Dendrochronologie) en Petra Doeve (BAAC/Stichting RING) namen belangrijke delen van het dendrochronologische onderzoek voor hun rekening. Mario van IJendoorn, Bertil van Os, Willem Derickx, Jan-Willem de Kort (allen RCE) en Daan Saver (Carnyx) zorgden met enthousiasme voor de bemonstering en documentatie van de bomen. Opnieuw konden we vertrouwen op Marjolein Haars (BCL) voor een professionele vormgeving van verschillende illustraties.

Noten

- 1 Dit geldt voor dendrochronologisch dateerbare houtsoorten. In de bosresten in Nederland zijn dit eik, es (indien deze soort in combinatie met eik wordt teruggevonden), en – sporadisch – grove den. Voor een inleiding op de dendrochronologie zie Jansma (1995), p. 15–21, Speer, (2012), Jansma (2006) en Haneca (2017). Een recent overzicht van de toepassingsmogelijkheden in Nederland is te vinden op www.stichting-erm.nl/publicaties/dendrochronologie.
- 2 Jansma (1995), Jansma (2006).
- 3 Voor de eerste succesvolle datering, zie Jansma (1987).
- 4 Reimer e.a. (2020).
- 5 Jansma en Spoor-Hanraets (2011), Kuitens e.a. (2020).
- 6 Jansma (2020).
- 7 Zie bijvoorbeeld Luisterburg (2011).
- 8 Bazelmans e.a. (2021a).
- 9 Rasmussen e.a. (2006) en Reinig e.a. (2021).
- 10 Bazelmans e.a. (2021b).
- 11 Elf exemplaren zijn ongeschikt voor dendrochronologisch onderzoek, 67 exemplaren konden worden gedateerd en zeventien niet; vijf exemplaren zijn nog in onderzoek.
- 12 Neefjes e.a. (2011).

Literatuur

- Bazelmans, J., R. van Balen, J. Bos, O. Brinkkemper, J. Colenberg, P. Doeve, B. van Geel, T. Hakbijl, H. van Hateren, W.Z. Hoek, H. Huisman, E. Jansma, C. Kasse, B. van Os, J. van der Plicht, J. Schokker, N. Van der Putten en J. van der Woude (2021), 'Environmental changes in the late Allerød and early Younger Dryas in the Netherlands: a multiproxy high-resolution record from a site with two *Pinus sylvestris* populations', in: *Quaternary Science Reviews* 272, 107–199 (doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107199)
- Bazelmans, J., S. van Daalen, M. Houwman, E. Jansma, J.W. de Kort en H.J. Pierik (in druk), 'Veen-eiken uit de polders bij Weesp en de landschapsoontwikkeling rondom Angstel en Vecht', in: *Tussen Vecht en Eem*
- Bazelmans, J., P. Doeve en E. Jansma (2021), 'Prehistorische eiken uit de Binnenveldse Hooilanden blijven belangrijk', in: *Oud Wageningen* 49–1, 12–15
- Haneca, K. (2017), *Dendrochronologie en erfgoedonderzoek*, Brussel (Agentschap Onroerend Erfgoed)
- Jansma, E. (1987), 'Het Wilde Woud zonder Genade', in: *Westerheem* 36, 239–240.
- Jansma, E. (1995), *RememberRINGS. The Development and Application of Local and Regional Tree-Ring Chronologies of Oak for the Purposes of Archaeological and Historical Research in the Netherlands*, Amersfoort (Dissertatie UvA, Nederlandse Archeologische Rapporten 19)
- Jansma, E. (2006), 'Dendrochronologie', in: *Nationale Onderzoeksagenda voor de Archeologie* (NOAA), versie 1.0, Amersfoort
- Jansma, E. (2020), 'Hydrological disasters in the NW-European Lowlands during the first millennium AD: a dendrochronological reconstruction', in: *Netherlands Journal of Geosciences* 99 (doi.org/10.1017/njg.2020.10)
- Jansma, E. en E. Spoor-Hanraets (2011), *Veeneiken Bodegraven Broekveldselaan. Projectnummer dendrochronologie (Stichting RING): 1997013* (doi.org/10.34894/IHKBT1, DataverseNL, V2)
- Kuitens, M., J. van der Plicht en E. Jansma (2020), 'Wood from the Netherlands around the Time of the Santorini Eruption Dated by Dendrochronology and Radiocarbon', in: *Radiocarbon* 62, 963–967 (doi.org/10.1017/RDC.2020.23)
- Luisterburg, S. (2011), *Reconstructie van een laat-Holoceen moerasbos met Eiken bij Diemen (ca.*

4000–2000 jaar geleden), Amsterdam (doctoraalscriptie Universiteit van Amsterdam) Neefjes, J., L. Jehee, W. van de Griendt, R. van Beek, O. Brinkkemper, B. Groenewoudt en J. Zomer (2011), *Cultuurhistorische atlas van de Vecht: biografie van Nederlands grootste kleine rivier*, Zwolle.

- Rasmussen, S.O., K.K. Andersen, A.M. Svensson, J.P. Steffensen, B.M. Vinther, H.B. Clausen, M.-L. Siggaard-Andersen, S.J. Johnsen, L.B. Larsen, D. Dahl-Jensen, M. Bigler, R. Röthlisberger, H. Fischer, K. Goto-Azuma, M.E. Hansson en U. Ruth (2006), 'A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination', in: *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111 (doi.org/10.1029/2005JD006079)
- Reimer, P.J., W.E.N. Austin, E. Bard, A. Bayliss, P.G. Blackwell, C.B. Ramsey, M. Butzin, H. Cheng, R.L. Edwards, M. Friedrich, P.M. Grootes, T.P. Guilderson, I. Hajdas, T.J. Heaton, A.G. Hogg, K.A. Hughen, B. Kromer, S.W. Manning, R. Muscheler, J.G. Palmer, C. Pearson, J. van der Plicht, R.W. Reimer, D.A. Richards, E.M. Scott, J.R. Southon, C.S.M. Turney, L. Wacker, F. Adolphi, U. Büntgen, M. Capano, S.M. Fahrni, A. Fogtmann-Schulz, R. Friedrich, P. Köhler, S. Kudsk, F. Miyake, J. Olsen, F. Reinig, M. Sakamoto, A. Sookdeo, en S. Talamo (2020), 'The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP)', in: *Radiocarbon* 62, 725–757 (doi.org/10.1017/RDC.2020.41)
- Reinig, F., L. Wacker, O. Jöris, C. Oppenheimer, G. Guidobaldi, D. Nievergelt, F. Adolphi, P. Cherubini, S. Engels, J. Esper, A. Land, C. Lane, H. Pfanz, S. Remmele, M. Sigl, A. Sookdeo, en U. Büntgen (2021), 'Precise date for the Laacher See eruption synchronizes the Younger Dryas', in: *Nature* 595, 66–69 (doi.org/10.1038/s41586-021-03608-x)
- Speer, J. (2012), *The Fundamentals of Tree-Ring Research*, Tucson

Over de auteurs

Jos Bazelmans is hoofd van de afdeling Archeologie van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.

Esther Jansma is senior onderzoeker dendrochronologie bij de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en wetenschappelijk directeur van Stichting RING.