

AFBEELDING 2 | Formatie van
Peize/Waalre in gestuwde positie,
ontsloten in een bouwput op het
Huizerhoogt. Kenmerkend zijn de
taaië blauwgrijze kleilagen, afgewisseld
met banden kwartsrijk zand.
Foto: Sander Koopman.

De paleogeografische ontwikkeling van Gooi en Eemland sinds het Saalien

SANDER KOOPMAN & ARTUR PFEIFER
SKO140@YAHOO.COM



Het Gooi en omgeving (Afb. 1) kent een diverse geologische historie. Het gevarieerde landschap is gemodelleerd door de twee laatste ijstijden Saalien en Weichselien, en veengroei, kustafslag en het ontstaan van de Vecht gedurende het Holoceen. Dit artikel heeft als doel het beschrijven van deze geschiedenis, geïllustreerd met regionale paleogeografische kaarten van het eind van het Saalien (ca. 128.000 jaar geleden), het begin van het Holoceen (ca. 12.000 jaar geleden) en – ter vergelijking – van de situatie aan het begin van de 20^e eeuw.

De geologie van het Gooi is uitvoerig gedocumenteerd in diverse bronnen

AFBEELDING 1. | Kaartje van
het onderzoeksgebied.

(zie bijvoorbeeld Ruegg, 1995; 2000; 2009; Rappol & Soonius, 1994 en Koopman et al., 2010). De ruimtelijke, landschappelijke en geologische ontwikkeling door de tijd heen, ook



wel paleogeografie genoemd, is voor het Gooi nog niet eerder beschreven op regionale schaal. Op landelijke schaal zijn paleogeografische kaartjes gepubliceerd in het boek *De ondergrond van Nederland* (Mulder et al., 2003) en recentelijk in de *Atlas van Nederland in het Holoceen* (Vos et al., 2011). Deze uitgaves leveren echter geen informatie op gedetailleerde regionale schaal. De afgelopen jaren zijn vele ontsluitingen in het Gooi bezocht (Koopman et al., 2010), en de synthese van deze waarnemingen biedt een goed beeld van de Pleistocene en Holocene ontstaansgeschiedenis van het landschap.

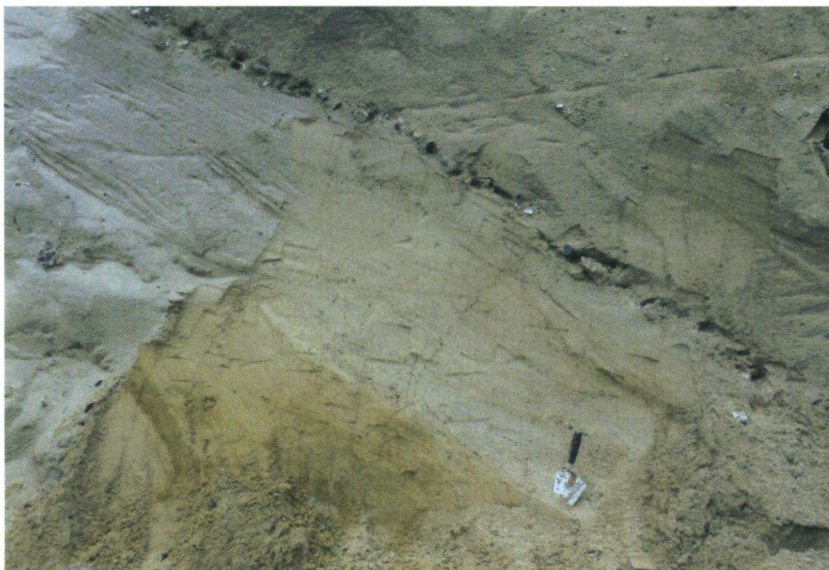
Pre-Saalien en Saalien landschapsevolutie

Vóór het Saalien behoorde het Gooi tot het deltagebied van achtereenvolgens de Eridanos en het Rijn-Maassysteem. In de tijdspanne van zo'n één miljoen jaar geleden tot 160.000 jaar geleden evolueerde het sedimentatiemilieu geleidelijk van een kustnabije (pro)delta naar een volledig continentaal fluviatiel systeem. De oudste afzettingen die we in het Gooi tegenkomen behoren tot de Formaties van Peize en Waalre (Koopman et al., 2010), met een geschatte minimale ouderdom van zo'n één miljoen jaar. Beide formaties komen vertand voor in het Gooi (Mulder et al., 2003), wat er op wijst dat de regio geruime tijd in het grensgebied van oostelijke en zuidelijke riviersystemen heeft gelegen. In diverse ontsluitingen aan de oostzijde van de stuwwal van Laren-Blaricum zijn deze formaties aangetroffen met overeenkomstige facies (Afb. 2). De sedimenten bestaan uit witte, kwartsrijke zanden, afgewisseld met blauwgrijze kleilagen. Regelmatig zijn in deze afzettingen *flaser*-gelaagdheid en *wavy bedding* waar te nemen. De afwisseling van zand en klei wijst op een wisselende mariene en fluviatiele invloed. Dikke pakketten zand werden vooral afgezet bij grotere rivierafvoer. Onder condities van stagnerende rivierafvoer en langer durende dominante mariene invloed (waddemilieu) zijn tot enkele tientallen centimeters dikke kleilagen afgezet. Sequenties van dunne kleilaagjes afgewisseld met dunne zandlaagjes duiden op getijdencycli in de buurt van de monding van een rivier.

Tegen het Midden-Pleistoceen (465.000–128.000 jaar geleden) kwam

de regio definitief verder van de kustlijn te liggen en werden uitsluitend fluviatiele sedimenten afgezet. Deze behoren tot de Formaties van Sterksel en Urk (Ruegg, 1995; Cup & Vink, 1995). In beide formaties komen zowel kleilagen als dikke pakketten zeer grof zand en grind voor, hetgeen een afwisselend voorkomen van meanderende en vlechtende riviersystemen aannemelijk maakt. Vlak voor de aanvang van de Saalien ijsbedekking bestond het landschap in de regio uit een vlechtende riviervlakte van het Rijn-Maassysteem.

Tijdens het "hoogtepunt" van het Saalien, corresponderend met MIS-6 (Mulder et al., 2003) bereikte het landijs de regio en bedekte het gebied ten oosten en ten noorden van het Gooi. Tijdens verschillende stuwingsfasen (minimaal twee) zijn toen de Gooise stuwwallen gevormd. Tijdens de eerste fase werden de stuwwallen van Hilversum, Hollandse Rading, Baarn en waarschijnlijk ook



AFBEELDING 3. | Gestuwde Midden-Pleistocene afzettingen bij De Sijsjesberg, in het noordelijk deel van de stuwwal Huizen-Blaricum. Zichtbaar is een "gravel lag", de diagonaal door het beeld lopende grindlaag. Deze laag vormt de grens tussen de Formatie van Sterksel linksonder en de Formatie van Urk rechtsboven. Foto: Sander Koopman.



AFBEELDING 4. | Sheet flow smeltwaterafzettingen aan de Ceintuurbaan te Bussum. De pakketten zijn afgezet in de vorm van grootschalige vlakke delta's en getuigen van massale afvloei van smeltwater aan het eind van het Saalien. Foto: Sander Koopman.



Muiderberg gevormd. Mogelijk is tijdens deze fase ook het noordelijk deel van de stuwwal Huizen-Blaricum ontstaan (Afb. 3). De eerste stuwingsfase reikte tot maximaal zo'n 50 meter diepte (Ruegg & Koopman, 2010) en stuwde sedimenten op uit de Formaties van Urk en Sterksel. Daarna trad een smeltfase op waarbij sterke erosie van de stuwwallen optrad en op grote schaal sandrafzettingen werden gedeponerd. De sandrafzettingen bestaan uit dikke pakketten horizontaal gelaagd zand en grind, zogeheten "sheet flow" afzettingen (Afb. 4). Een dergelijke gelaagdheid ontstaat bij massale afvloeiing van water, waarbij het stromende water als een film het maaiveld bedekt. Als gevolg van de fluvio-glaciale erosie vertonen de stuwwallen uit de eerste fase een sterk versneden morfologie, ontstaan door afvoer van ijssmeltwater via dalen door de stuwwallen heen. Onder meer onder de Aardjesberg, ten noorden van Hilversum, loopt zo'n dal, opgevuld met minimaal 15 meter smeltwaterafzettingen (Koopman et al.,



AFBEELDING 5. | Kleine delta in voormalig ijssmeltwatermeer aan de Jordaan te Laren. Aan het eind van het Saalien stagneerde het smeltwater hier en vormde een meer. Daarin is deze delta ontstaan. De banding toont een seizoensgelaagdheid.
Foto: Sander Koopman.



AFBEELDING 6. | Saalien keileem (boven het midden van de foto) met daaronder fluvio-glaciale afzettingen in deltafacies, Erfgooiersstraat te Hilversum. De keileem is in het Weichselien door kryptoturbatie vervormd, daardoor zijn de kronkelige vormen in de keileem ontstaan. Foto: Sander Koopman.

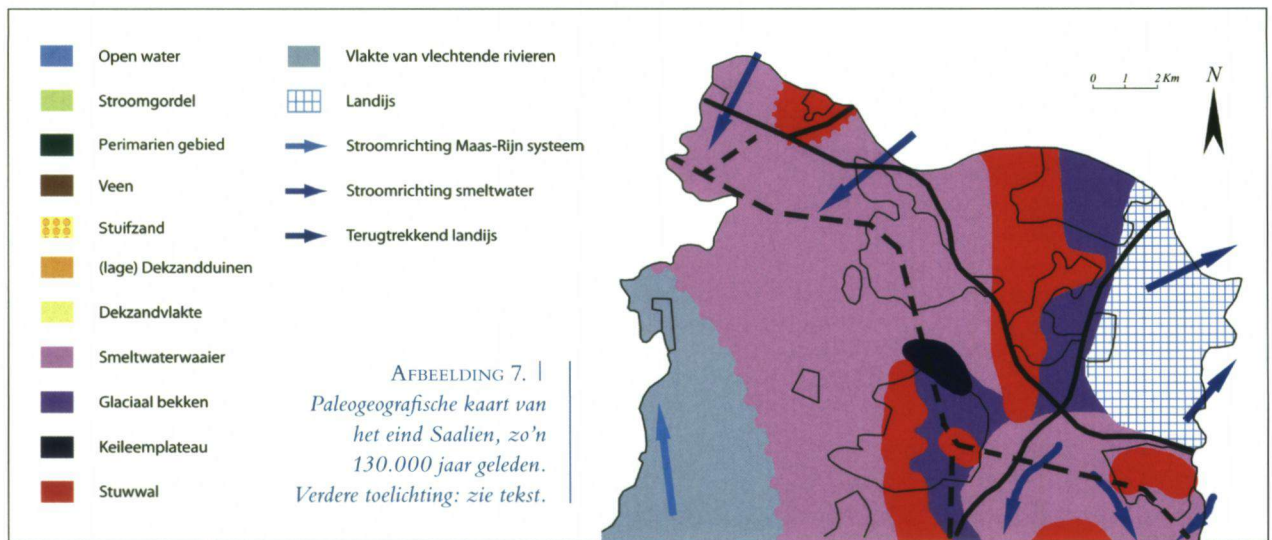
2010). Verder vinden we nog enkele dalen ten zuidoosten van Hilversum en ten westen en ten oosten van Muiderberg (zie voor dit laatste o.m. een kaartje in Visscher, 1999).

Waarschijnlijk is ook de sandrvlakte van Bussum grotendeels na de eerste stuwingsfase ontstaan.

De morfologie van het zuidoosten van Bussum toont de vorm van een *fandelta* met de apex ten zuidoosten van Bussum. Daar is nu echter geen laagte te zien waar het smeltwater doorheen gekomen zou kunnen zijn. Het lijkt er dan ook op dat het bijbehorende ijssmeltwaterdal verdwenen is tijdens de tweede stuwingsfase. Het landijs rukte toen nogmaals op en vormde de stuwwalboog Laren-Blaricum-Huizerhoogt. De tweede stuwingsfase reikte duidelijk dieper dan de eerste: zo'n 70-80 meter (Ruegg & Koopman, 2010), als gevolg waarvan in deze fase ook de Formaties van Peize en Waalre (zie Afb. 2) zijn meegestuwd. De uit deze fase resulterende heuvels zijn gemiddeld ook hoger (toppen 25-30 meter +NAP) dan de heuvels uit de eerste stuwingsfase (toppen 15-25 meter +NAP). Tijdens deze fase overreed het landijs eerder gevormde smeltwaterafzettingen en werd waarschijnlijk ook het keileemplateau van de Aardjesberg en Hilversum-Noord gevormd (Koopman & Pfeifer, 2010). Het is onduidelijk of er een derde hoofdfase is geweest in het Gooi. Vroeger werd dit wel vermoed (Maarleveld, 1953), maar op basis van de veldwaarnemingen van de afgelopen jaren zijn hier geen overtuigende aanwijzingen voor aangetroffen.

Tijdens de smeltfasen werden tussen de stuwwallen en de ijsrand op diverse plekken kame-afzettingen gevormd (Ruegg & Koopman, 2010). Deze zijn afgezet in een milieu met stagnerend water, en bevatten bijvoorbeeld delta's, kleilagen en onduidelijk gelaagde zanden. Zulke afzettingen vinden we in een zoom ten oosten van de stuwwal van Hilversum en ten oosten van de stuwwal van Laren-Blaricum (Afb. 5). Op diverse plekken zijn er aanwijzingen voor (kleinschalige) fluctuaties in de ijsbedekking.

In het centrum van Hilversum vinden we bijvoorbeeld op meerdere plekken gestuwde bekkenafzettingen, en aan de Erfgooiersstraat in Hilversum zijn gestuwde en daarna overreden smeltwaterafzettingen aangetroffen (Afb. 6).



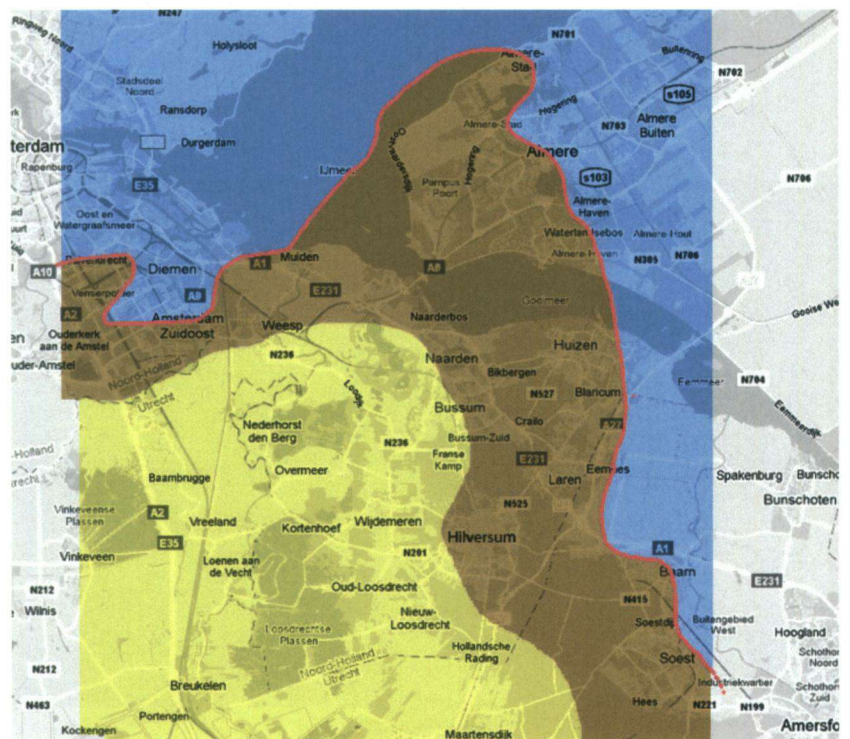
Na de tweede stuwingsfase trok het landijs zich definitief terug en vond de overgang plaats naar het Eemien.

Paleogeografie en archeologie aan het einde van het Saalien

Het geheel van ijsbewegingen en de erosie en sedimentatie door smeltwater hadden aan het eind van het Saalien een complexe voetafdruk achtergelaten in het landschap van Gooi en Vechtstreek. In zijn algemeenheid is het regionale landschap rond die tijd te duiden als een postglaciaal landschap, in de basis gemodelleerd door landijs, met overvloedig aanwezig afsmeltend ijs en smeltwater. Hedendaagse analogieën van dit landschap vinden we in gebieden als Spitsbergen, Groenland of Alaska.

Het Gooi en het Eemland verkeerden aan het eind van het Saalien waarschijnlijk nog geruime tijd onder invloed van het terugtrekkende ijs, waarbij glaciolacustriene en kameafzettingen zijn gevormd op plekken waar het smeltwater stagneerde. Tijdens het definitief terugtrekken van het ijs stroomde het smeltwater in zuidwestelijke richting weg door dalen tussen de stuwwallen van Hilversum, Hooge Vuursche en Baarn. Daarnaast was er waarschijnlijk ook afwatering ten westen en oosten van Muiderberg. De Aardjesberg bij Hilversum was aan het eind van het Saalien een hoog, zodat daar, in tegenstelling tot eerdere momenten, geen grootschalige afwatering meer plaatsvond. Het smeltwater kwam uiteindelijk uit in de riviertakken van het Rijn-Maassysteem, dat aan het eind van het Saalien door het uiterste zuidwesten van het onder-

zoeksgebied stroomde. De paleogeografie van het onderzoeksgebied aan het einde van het Saalien zag er van oost naar west als volgt uit (Afb. 7): ter plaatse van het Eemland en het oosten van het Gooi bevond zich een glaciaal bekken met stagnerend en afsmeltend ijs, met plaatselijk vorming van meren. Ter plaatse van het Gooi en bij Muiderberg bestond een landschap met meerdere heuvelruggen, op verschillende plaatsen gescheiden door relatief diepe ijssmeltwaterdalen. Het resterende smeltwater stroomde via deze dalen naar het zuidwesten weg. Tussen de heuvelruggen in ligt het keileemplateau van de Aardjesberg en Hilversum-Noord als een opvallende hoogte. Westelijk van het Gooi bestond het landschap uit een naar het west-zuidwesten hellende smeltwatervlakte ("braidplain"), een kale vlakte bestaande uit zand en grind, waar het smeltwater in talloze ondiepe en sterk mobiele geulen wegstroomde. Naar het west-zuidwesten toe, richting Nederhorst den Berg en Vreeland, ging deze vlakte geleidelijk over in de vlechtende riviervlakte van het Rijn-Maassysteem.



AFBEELDING 8. | Reconstructie van de kustlijn (de rode lijn) tijdens het Eemien. Het bruine gebied is de stuwwallenreeks, het gele gebied de voormalige smeltwatervlakte. Het blauwe gebied is de Eemzee. Reconstructie op basis van TNO (2011a). Kaartondergrond: googlemaps.com.

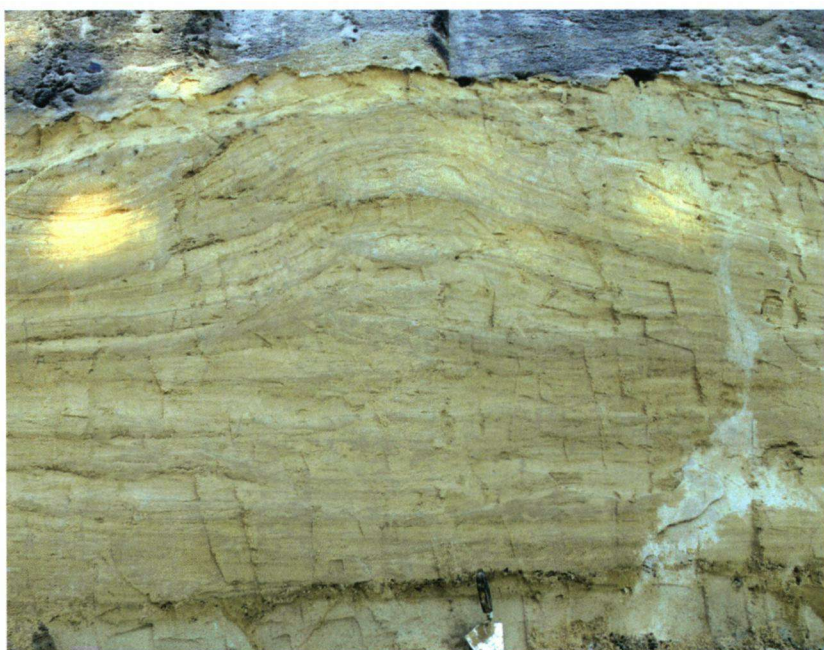
De hoogteverschillen in dit postglaciale landschap waren aanmerkelijk groter dan nu. De dalen tussen de stuwwallen waren enkele meters tot soms wel 15 meter dieper dan nu (TNO, 2011a, diverse boringen tussen Hilversum, Baarn, Soest; Koopman et al., 2010, waarnemingen te Hilversum, Blaricum, Baarn). In het Eemland lag het maaiveld, gevormd door de bodem van het al deels opgevlude glaciële bekken, bijna 35 meter lager dan nu (TNO, 2011a, boring bij de Eemonding). De smeltwatervlakte ten westen van het Gooi, overgaand in de riviervlakte van Rijn en Maas, liep af tot 10 tot 15 meter beneden het huidige maaiveld (RGD, 1988). De maximale hoogteverschillen tussen de toenmalige stuwwaltoppen en de lager gelegen gebieden bedroegen waarschijnlijk zo'n 75 tot 100 meter, tegen zo'n 30 tot 35 meter nu. De hoogteverschillen zijn na het Saalien aanzienlijk genivelleerd door het inzakken van de stuwwallen direct na het ontstaan ervan (Bakker, 2004), door erosie van de stuwwallen, door opvulling van het glaciële bekken en door de Holocene aggradatie in de Vechtstreek en het Eemland.

Landschapsevolutie tijdens het Eemien en Weichselien

Bij aanvang van het interglaciale Eemien (128.000–116.000 jaar geleden) bestond het onderzoeksgebied uit een reliëfrijk landschap met een glaciële bekken, diverse stuwwallen met dalen ertussen, en een vlakte van smeltwaterafzettingen die naar het zuidwesten toe geleidelijk overging in de riviervlakte van het Rijn–Maassysteem. De invloedssfeer van dit riviersysteem, dat gedurende het Saalien gefunctioneerd heeft als ijsrandrivier, beperkte zich gedurende het Eemien tot het zuidwesten van het onderzoeksgebied (van Balen & Busschers, 2010). In het grootste deel van het gebied vond in het Eemien weinig of geen sedimentatie plaats. Het Eemland vormt hierop een uitzondering. Tijdens het Eemien stond de zeespiegel enkele meters boven het huidige niveau, en de zee bedekte een groot gedeelte van het Eemland. De kustlijn volgde de contouren van het glaciële bekken, en liep vanaf de noordoostpunt van Huizen naar het zuiden, tussen de Wakkerendijk en de A27, en boog vervolgens bij Baarn af naar het oosten (reconstructie op basis van TNO, 2011a). Door de transgressie tijdens het Eemien is een pakket mariene kleien en zanden afgezet van maximaal zo'n 20 meter dik. Het westelijk deel van het onderzoeksgebied kwam niet



AFBEELDING 10. | Spreidingskaart waarnemingen Laag van Usselo in het Gooi. Op de plekken met een rood kruis is de Laag van Usselo waargenomen. De Laag komt voor in de dekzandgebieden aan weerszijden van het Gooi. Reconstructie op basis van Koopman et al. (2010). Kaartondergrond: googlemaps.com.



AFBEELDING 9. | Laag duin in leemhoudend dekzand, Larenseweg te Hilversum. Waar kleine obstakels aanwezig waren (bijvoorbeeld vegetatie), konden zich tijdens de afzetting van het dekzand duinen vormen. Dit duin is uiteindelijk weer overstoven geraakt met zandig dekzand, en aan het maaiveld niet meer waarneembaar. Bij het handvat van de troffel is het Saalien paleo-oppervlak zichtbaar. De lichte verkleuring rechts in de foto is het gevolg van uitspoeling van ijzer. Foto: Sander Koopman.

onder mariene invloed. De stuwwallen tussen Muiden en het Gooi lagen tot tien meter boven de zeespiegel, zodat de kustlijn ten noorden van de stuwwallen bleef en vanaf Huizen in een boog via Almere naar het oosten van Amsterdam liep (Afb. 8). De hogere gronden waren tijdens het Eemien begroeid, zeer waarschijnlijk met bos. Mede daardoor, en vanwege de afwezigheid van grote rivieren in de regio, kwamen de geologische processen praktisch tot stilstand, en zijn er uit die tijd geen afzettingen bekend. Wel moet er bodemvorming zijn opgetreden, maar hiervan zijn (voor zover bekend bij de auteurs) tot nu toe nog geen overblijfselen gevonden.

Tijdens het Weichselien daalde de zeespiegel en werd het aanzienlijk kouder. De vegetatie verdween en periglaciale processen kregen de overhand. De combinatie van harde wind, droogte en weinig vegetatie zorgde voor de afzetting van dekzand in vrijwel de gehele regio. Daarnaast werden lokaal afzettingen gevormd door sneeuwsmeltwater. Alleen op de stuwwallen is geen dekzand afgezet. Daar trad juist erosie op door deflatie en door het afstromen van sneeuwsmeltwater over de (bevroren) flanken van de stuwwallen. Dit heeft geleid tot de vorming van droogdalen, waarvan op de Westerheide en in de



AFBEELDING 11. | *Laag van Usselo aan de Kon. Wilhelminalaan te Naarden. De Laag is een bodemhorizont uit het Allerød interstediaal, en is hier zichtbaar als een donkere band bovenin de foto.*

omgeving van het Bikbergerbos mooie voorbeelden te vinden zijn. Zeer lokaal zijn ook afzettingen aangetroffen die door solifluctie beïnvloed zijn (Koopman et al., 2010). In het algemeen hebben de geologische processen van het Weichselien geleid tot een sterke afvlakking van het reliëf.

Het dekzand is afgezet op verschillende momenten in het Weichselien, vooral tijdens het Pleniglaciaal (Midden-Weichselien) en de Jonge Dryas. De sedimenten uit het Pleniglaciaal (73.000-14.650 jaar geleden) bestaan uit leemhoudend dekzand: fijn zand afgewisseld met dunne leemlaagjes. Dat wijst op afzetting onder relatief vochtige omstandigheden, waarbij ook seizoenswisselingen een rol hebben gespeeld (Schwan, 1988). Het dekzand is veelal vlakgelaagd, waaruit blijkt dat het is afgezet in grote open vlakten bij hoge windsnelheden. Plaatselijk zijn lage duinen aangetroffen (Afb. 9). Ook komen er in het lemige dekzand nogal eens vorstwiggen of polygoonstructuren voor, een aanwijzing voor perioden met extreme koude. Het leemhoudende zand is middels een veelal erosief contact gescheiden van een opliggend pakket zandig dekzand. Op veel plaatsen in het Gooi (Afb. 10, 11) is onder in dit pakket zandig dek-

zand de Laag van Usselo waargenomen, een bodemhorizont uit het Allerød-interstediaal (13.900 tot 12.850 jaar geleden). Tijdens deze iets warmere periode bedekten uitgestrekte dennenbossen de regio, en kon enige bodemvorming op gang komen. Na het Allerød manifesteerde zich een zeer markante periode in de geologische historie van de regio. De Jonge Dryas brak aan. Deze duurde van 12.850 tot 11.700 jaar voor heden. Tijdens deze periode nam de eolische activiteit enorm toe. Harde, zeer koude winden zorgden voor grootschalige zandverplaatsing. In deze periode werden vooral aan de oostkant van de stuwwallen dikke pakketten zand afgezet. Op diverse plekken in Blaricum is een zandpakket van twee tot drie meter dik waargenomen bovenop de Laag van Usselo, in Baarn op één plek zelfs vier meter (Koopman et al., 2010). Aan de westkant van het Gooi is de bedekking over het algemeen dunner en bedraagt daar gemiddeld één tot twee meter. De bron van het dekzand waren voornamelijk de stuwwallen. Mede door de Laat-Weichselien deflatie zijn de toppen van de stuwwallen sterk afgevlakt. Op de hoge, vlakke delen komen nogal eens "desert pavements" voor, terreinen met een sterke aanrijking van windkanters. Een fraai voorbeeld hiervan is zichtbaar op de foto van afbeelding 12. Het zandig dekzand komt als vlakgelaagd type voor, maar plaatselijk zijn ook grote duincomplexen gevormd, zowel lengteduinen als paraboolduinen. Een bekend voorbeeld is de Lange Heul bij Bussum, een lengteduin waaronder zich de Laag van Usselo bevindt (Ruegg, 1995). In de polders bij Eemnes komt verborgen onder het veen ook zo'n duinencomplex voor met een lengte van zes kilometer en een hoogte van twee tot drie meter (zie bv. Brombacher & Hoogendoorn, 2000, en AHN-Viewer).

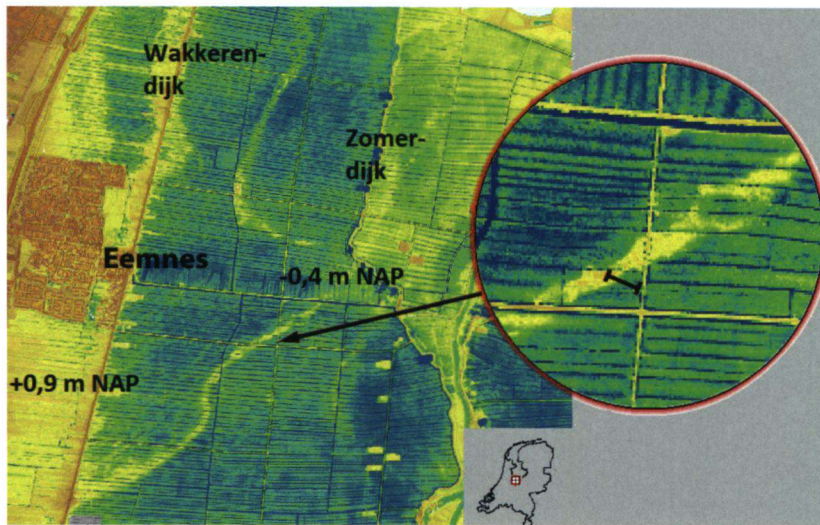
De landschappelijke evolutie van een lengteduin in het Eemland

Het duinencomplex bij Eemnes is nader onderzocht middels enkele boringen nabij de kruising Stammeweg – Zuid Ervenweg. Hierbij zijn drie boringen geplaatst op de flank van het begraven duin. Op basis van deze boringen is een profiel geconstrueerd dat de geologische ontwikkelingen goed weergeeft (Afb. 13, 14, 17 en 18). Onderin het profiel vinden we het Laat-Weichselien dekzand. Het dekzandoppervlak loopt omhoog van zuidoost naar noordwest. Het profiel toont een hoogteverschil van ruim twee meter over een horizontale afstand van 50 meter. De top van het lengteduin is in het terrein nog zichtbaar als een flauwe bolling in de akkers (Afb. 17). Ook verraadt het duin zich door sloten die dichtgezaakt zijn op de plek waar ze het duin doorkruisen. Plaatselijk was in de



AFBEELDING 12. | *"Desert pavement", een Weichselien deflatieoppervlak op de Blaricummerheide. Opvallend zijn de duizenden windkanter, een teken dat er intensieve eolische erosie heeft plaatsgevonden.*





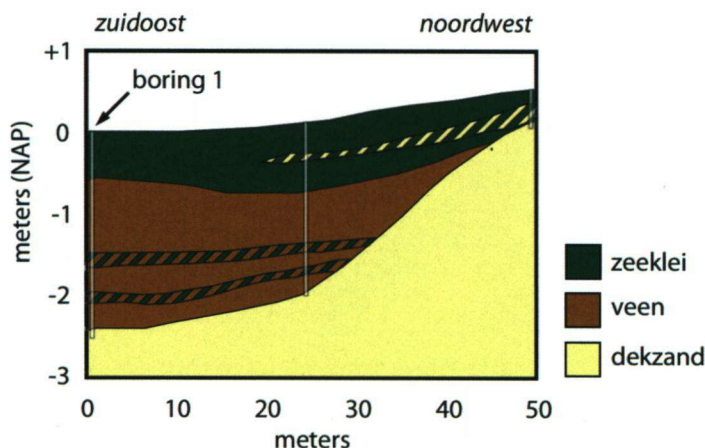
AFBEELDING 13. | Hoogtebeeld van de locatie waar geboord is. In de inzet staat het profiel van afbeelding 14 met een zwart streepje aangegeven. Het duin loopt van links onder naar rechtsboven door de percelen. Op het overzicht is het dekzandduin zichtbaar als een langwerpige slingerende structuur. Verder valt op dat de Wakkerendijk eveneens een duinstructuur volgt en dat het gebied oost van de Zomerdijk relatief hoog ligt. Dat komt door sedimentatie van klei vanuit de Zuiderzee. Hoogtebeelden: AHN-Viewer, 2011.

zijn positie middenin de kleilaag, gecorreleerd is met een zeer droge periode in de Late Middeleeuwen of begin Nieuwe Tijd, een periode waarin de verstuiwingen in Nederland op hun hoogtepunt waren. Diverse auteurs zijn van mening dat, naast overexploitatie door de mens en daling van de grondwaterstand door veenontginningen, het voorkomen van droge perioden ook een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van de Nederlandse zandverstuiwingen (Fanta & Siepel, 2010). Overexploitatie was in het extensief gebruikte Eemland erg onwaarschijnlijk, terwijl het goed aannemelijk is dat tijdens een periode met weinig neerslag de top van het duin (die toen verder boven het maaiveld uitstak dan nu) uitgedroogd raakte met lokale verstuiwing als gevolg. Na de stuiffase raakte het duin weer verder bedekt met zeeklei, dit is zichtbaar in de bovenste 30 cm van het profiel. De meest recente kleiafzetting vond plaats in 1916, toen het zeewater tot in de kerk van Eemnes-Binnen kwam (Vervloet & van den Bergh, 2007).

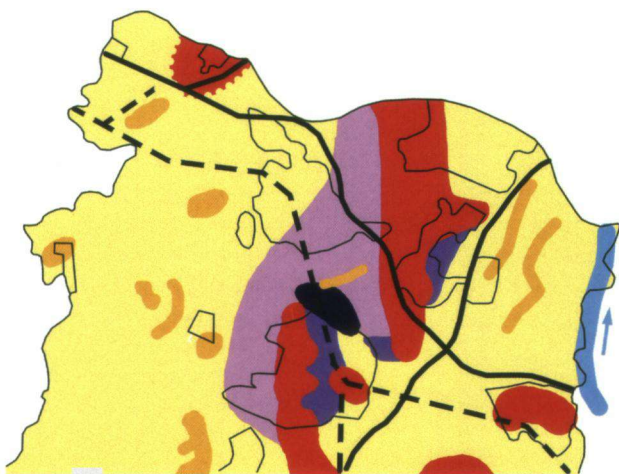
Paleogeografie en archeologie aan het begin van het Holoceen

Aan het begin van het Holoceen stond de zeespiegel 20–25 meter lager dan tegenwoordig, en daarmee ook de grondwaterstand. Een groot deel van het gebied was in die tijd een met bos begroeid dekzandlandschap, vergelijkbaar met bijvoorbeeld het oostelijk deel van de Gelderse Vallei (Afb. 15). Het dekzandlandschap was een licht golvend landschap, waarin op diverse plaatsen duinen voorkwamen. Het vroeg-Holocene landschap kende alleen regionale afwatersystemen. De Vecht bestond nog niet (Bos, 2010). In de Vechtstreek waren zeer waarschijnlijk geen beken aanwezig; de afwatering was nog ondergronds, maar de Eem was er al wel. In tegenstelling tot tegenwoordig lag de Eem in een dal. Dit dal bevond zich op ongeveer dezelfde plek als de huidige loop van de Eem, en liep verder door via Almere naar de kweldergebieden in het westen van het land. Zo'n 7.000–5.000 jaar geleden groeide er op de hogere plekken in het Eemdalen een open bos, bestaande uit berk, grove den en hazelaar, met heide als ondergroei. Plaatselijk kwam ook veenmos voor. In de lagere delen kwam broekbos

top van het dekzand nog een paleo-podzol zichtbaar. Direct op het dekzand ligt zeggeveen, gevolgd door een pakket van zo'n 75 cm dik met eveneens een zeggeveenlaag en twee kleiige veenlagen. Deze kleiige veenlagen dateren uit het Subborea (zo'n 3.850 jaar BP; TNO, 2011b), een periode waarin de kustlijn zich snel landwaarts verplaatste en de zee haar maximale uitbreiding bereikte. Het Eemland kwam toen tijdelijk onder primariene invloed. In de loop van het Subborea en gedurende het Subatlanticum breidde het veen zich weer sterk uit en verdween de mariene invloed. Het Eemland was opnieuw een moerasgebied waarin zeggesoorten dominant waren, maar ook riet, lisdodde en berken- en/of elzenbomen groeiden er, getuige de plantenresten in de steekernen. Het bovenste veenpakket is ruim een meter dik en wordt afgedekt door een laag zeeklei van een halve meter dik. Deze laag dateert van na 1170 (Vervloet & van den Bergh, 2007) (N.B. de stormvloed van 1170 sloeg grote delen van het veen in de Waddenzee en West-Friesland weg; vanaf toen ontstond de Zuiderzee, en kwam er weer mariene sedimentatie op gang). Midden in de zeeklei is een zandige laag aanwezig. Deze is waarschijnlijk ontstaan door inwaaien van zand vanaf de top van het duin. Het vermoeden bestaat dat deze zandige laag, gezien



AFBEELDING 14. | Lithologisch profiel over de flank van een dekzandduin in het Eemland, bij de kruising Stammeweg – Zuid Ervenweg. Toelichting: zie tekst.



AFBEELDING 15. | Paleogeografische kaart van het begin van het Holocene, situatie van 9.000 – 7.000 jaar geleden. Legenda: zie afbeelding 7.



AFBEELDING 16. | Paleogeografische kaart, situatie begin 20e eeuw. Opvallende elementen zijn de omvangrijke veengebieden, de Vecht en de meren ten oosten daarvan, en de door de Zuiderzee afgezette kleidekken. Legenda: zie afbeelding 7.

voor met wilg en els (pollenanalyse zuidoosten van Almere, 8.000–6.000 kalenderjaren BP [Makaske et al., 2002]; een pollenanalyse bij Soest [Visser, 1991] leverde vergelijkbare resultaten op). In het Eemdal waren omvangrijke duinencomplexen aanwezig. De stuwwallen van het Gooi staken boven het dekzand uit en waren

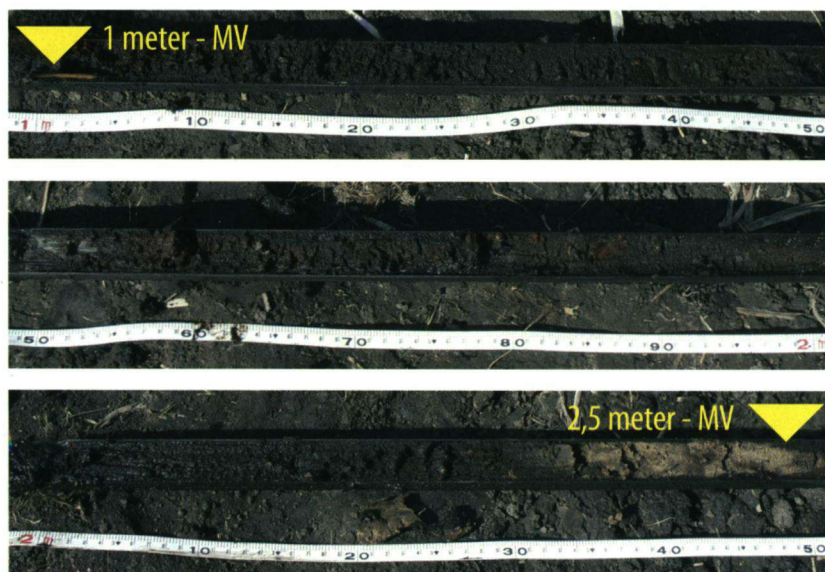
eveneens begroeid met open bos. In de Vechtstreek zette het dekzandlandschap zich voort, met duinencomplexen bij het Naardermeer, Nieuw-Loosdrecht, Kortenhoef en Nederhorst den Berg.

Tegenwoordig schemeren zowel in het Eemland als in de Vechtstreek de Weichselien-duinen nog door het Holocene veen- en kleidek heen; ze zijn vooral in het voorjaar goed herkenbaar als zandige linten in de akkers (Afb. 17). De voortdurende bodemdaling in deze gebieden zorgt ervoor dat de Weichselien-duinen langzamerhand steeds beter zichtbaar worden aan het maaiveld.



AFBEELDING 17. | Akker nabij de boorlocatie, met uitzicht op de Wakkerendijk. De kijkrichting is naar het westen. De bolling op de voorgrond is het dekzandduin, dat hier vrijwel tot aan maaiveld komt. Foto: Sander Koopman.





AFBEELDING 18. | Steekkern van boring 1, de boring links in het profiel van afbeelding 14. Weergegeven zijn van boven naar beneden 100-150 cm – maaiveld, 150-200 cm –MV en 200-250 cm –MV. Links in de sectie 100-150 is een stuk riet zichtbaar. Rechts in de sectie 200-250 cm is het lichtgekleurde dekzand aanwezig. Op enkele plekken bevat het veen ook klei. Rond 180 cm zijn wat houtresten zichtbaar, vermoedelijk elzenhout. Foto: Sander Koopman.

LITERATUUR

- AHN-Viewer, 2011;
www.ahn.nl/viewer
- Bakker, 2004.
 The internal structure of Pleistocene push moraines. Proefschrift, University of London.
- Balen, R.T. van & Busschers, F.S., 2010.
 Human presence in the central Netherlands during early MIS 6 (~170-190 Ka): evidence from early Middle Palaeolithic artefacts in ice-pushed Rhine-Meuse sediments. *Netherlands Journal of Geosciences* 89-1.
- Vos, P.C., Bazelmans, J., Weerts, H.J.T. & Meulen, M. van der (red.), 2011.
 Atlas van Nederland in het Holoceen. Uitgeverij Bert Bakker, 94 pp.
- Bos, 2010.
 Distal delta plain successions. Architecture and lithofacies of lake fills and organics in the Holocene Rhine-Meuse delta, The Netherlands. Proefschrift vakgroep Fysische geografie, UU.
- Brombacher, A.A. & Hoogendoorn, W., 2000.
 Aardkundige waarden in de provincie Utrecht. Uitgave Provincie Utrecht.
- Cup, C. & Vink, A.P.A. (geen jaartal bekend).
 Geologische en geomorfologische verschijnselen in het Gooi.
- Fanta, J., & Siepel, H. (red.), 2010.
 Inland drift sand landscapes. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Koopman, S. & Pfeifer, A.E., 2010.
 Ijsrandedynamiek en kryoturbatie in Hilversum. Grondboor & Hamer, jrg. 64, nr. 6: pp. 162-167.
- Koopman, S., Ruegg, R.G.J. & Pfeifer, A.E., 2010.
 Goois Geologisch Informatie-Systeem versie 3.2. Website: <http://www.ivngooi.nl/ggis/index.htm>.
- Maarleveld, G.C., 1953.
 Standen van het landijs in Nederland. Boor en Spade VI: pp. 95-105.
- Makaske, B., Smeerdijk, D. van, Mulder, J. & Spek, T., 2002.
 De stijging van de waterspiegel nabij Almere in de periode 5300 -2300 v. Chr. Alterra rapport 478.
- Mulder, E.F.J. de, Geluk, M.C., Ritsema, I., Westerhoff, W.E. & Wong, T.E., 2003.
 De ondergrond van Nederland. NITG-TNO.
- Rappol, M. & Soonius, C.M., 1994.
 In de bodem van Noord-Holland, geologie en archeologie. *Lingua Terrae*.
- RGD, 1988.
 Geologische kaart van Nederland 1:50.000 blad 310 (Utrecht Oost).
- Ruegg, G.H.J., 1995.
 Kwartaire wordingsgeschiedenis van, en ontsluitingen in het Gooi. Grondboor & Hamer jrg 49, nr. 3/4: pp. 82-89.
- Ruegg, G.H.J., 2000.
 Landijs en poolwoestijn, hoogtepunten uit het ontstaan van het Gooi. Tussen Vecht en Eem, jrg.18: pp. 19-26.
- Ruegg, G.H.J., 2009.
 Nieuwe geologische gegevens uit het Gooi. Grondboor & Hamer jrg. 63, nr. 2: pp. 40-47.
- Ruegg, G.H.J., & Koopman, S., 2010.
 Stuwwallfasering en kame-afzettingen in het Gooi. Grondboor & Hamer jrg. 64, nr. 3: pp. 81-89.
- Schwan, J., 1988.
 Sedimentology of coversands in northwestern Europe: a study on Weichselien to early Holocene aeolian sand sheets in England, The Netherlands and the Federal Republic of Germany. Proefschrift VU.
- TNO, 2011a.
www.dinoloket.nl, TNO Geologische Dienst van Nederland. DGM-1.1 - REGIS II.1-boringen.
- TNO, 2011b.
www.dinoloket.nl, paleogeografische kaarten, TNO Geologische Dienst van Nederland.
- Vervloet, J., & Bergh, S. van den (red.), 2007.
 Eemland in verandering. Ontginning en ruilverkaveling in het gebied van de Eem. Matrijs, Utrecht.
- Visscher, H., 1991.
 Eemland: een archeologische kartering, inventarisatie en waardering. RAAP-rapport 40, Stichting RAAP, Amsterdam.
- Visscher, H.A., 1999.
 Aardkundig waardevolle landschappen van Noord-Holland, kaartbijlagen. Aflevering D2h' van de serie natuur en landschap.

