





HIATEN IN HET LANDSCHAP

HOE TWEEDUIZEND JAAR
VEENDEGRADATIE
HET LANDSCHAP
VAN LAAG NEDERLAND
HEEFT GEVORMD

HARM JAN PIERIK

Veenontwikkeling heeft een belangrijk deel van laag Nederland opgebouwd. Veen is echter ook een kwetsbaar substraat en de afbraak ervan leidde gedurende de afgelopen tweeduizend jaar tot omvangrijke landschapstransformaties. Deze zijn deels veroorzaakt door natuurlijke processen, maar de mens is hierop ook van grote invloed geweest. Deze invloed vond eerder plaats en op grotere schaal dan vaak verondersteld. De ingebruikname van veen door de mens begon lokaal al in de IJzertijd, ontginningen op grote schaal vonden vooral plaats vanaf de negende en tiende eeuw en systematische turfwinning begon vanaf de veertiende eeuw.

◀ 1. De verdrongen Zuid-Hollandse Waard in 1560, gekarteerd door Pieter Sluyter (met dank aan Menne Kosian). Dit gebied was tot de vijftiende eeuw een (klei-op-)veenpolder, maar verdrook tijdens de Sint-Elisabethsvloed in 1421. Het kaartbeeld toont de situatie ruim een eeuw later, toen het gebied nog steeds verdrongen was. In deze tijd kwam in het noordoosten van de Merwede een kleine delta tot ontwikkeling. In de eeuwen daarna slibde dit gebied weer verder op en ontstond uiteindelijk de Biesbosch. Het veen van de polder is nog steeds onder een metersdik dek van zand en klei aan te treffen

Geschat wordt dat deze activiteiten sinds het jaar 1000 voor een halvering van het veenvolume in laag Nederland hebben gezorgd; in de kustvlakte is daardoor nu nog 19,8 km³ veenvolume over.¹ Dit heeft grote impact gehad op het landschap, alleen al omdat hierdoor een kwart van het totale Nederlandse landoppervlak onder zeeniveau is komen te liggen. Daarnaast is in totaal grofweg 3,1 Gton CO₂ uitgestoten door veenafbraak in laag Nederland.² Hiermee leverde Nederland, al ruim voor de industriële revolutie, een belangrijke bijdrage aan de door mensen veroorzaakte wereldwijde broeikasgasuitstoot.

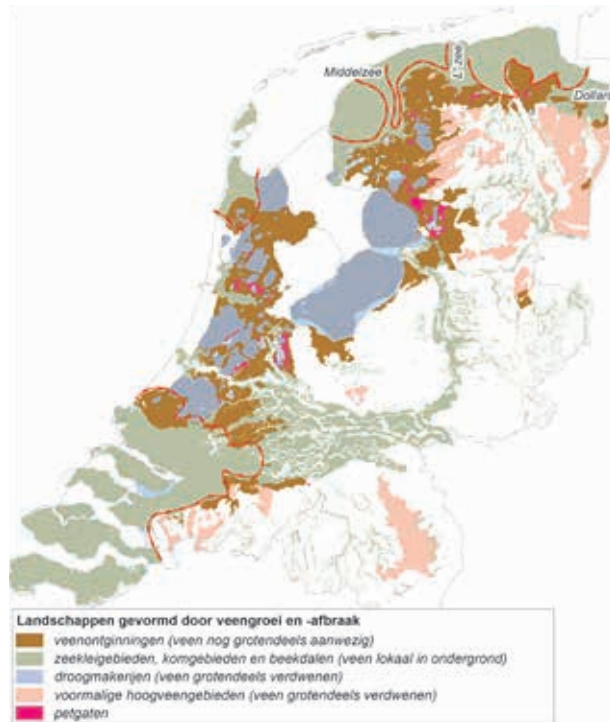
De verschillende wijzen van veenverandering en -verdwijning door menselijk ingrijpen hebben elk geleid tot verschillende historische landschappen, zoals het veenweidegebied, petgaten, droogmakerijen. Ook delen van het zeekleigebied zijn op deze wijze ontstaan. Al deze landschappen kunnen als veendegradatielandschappen worden beschouwd (afb. 2B). Welke type veendegradatielandschap zich ontwikkelde, hing behalve met culturele, politieke en economische oorzaken, sterk samen met de natuurlijke landschap-

pelijke randvoorwaarden, zoals de samenstelling van het veen, de dikte van het veenpakket en de ligging ten opzichte van de kust en van zeearmen. Omdat dikwijls meerdere typen ingebruikname achter elkaar plaatsvonden (bijvoorbeeld eerst ontginning, later afgraving), zijn uiteindelijk verschillende cultuurlandschappen ontstaan met een complexe historische gelaagdheid. De ruim tweeduizendjarige geschiedenis van het gebruik van het veenlandschap in laag Nederland is wereldwijd volstrekt uniek, evenals de schaal waarop dit gebeurde. Omgang met het veen raakt daarmee sterk aan de landschapsidentiteit van Nederland. Daarnaast is dit langetermijnperspectief relevant voor ruimtelijke opgaven van Nederland, zoals klimaatadaptatie en het omgaan met bodemdalingsproblematiek.

De laatste decennia zijn er nieuwe wetenschappelijke inzichten gerezen over de rol van veen op de vorming van het landschap en over de (vroeg) menselijke invloed op veendegradatie. Deze inzichten komen vooral uit interdisciplinaire studies, waarbij fysische geografie, (landschaps)archeologie en historische



2A. Veenverbreding ca. 250 v.Chr. Rond deze periode was de verbreiding van het veen op het hoogtepunt. Achter de kust lag een brede zone kustmoerassen (het kustveengebied), bij benadering aangegeven met de witte stippellijn. Ook op de zandgronden was veen aanwezig, vooral in de beekdalen en in hoogveenkoepels (naar: Vos e.a. 2018)



2B. Verschillende typen veendegradatielandschappen in Nederland, op basis van de historische landschappenkaart (Spek en Kosian 2024), aangevuld met petgaten en grote wateren uit de geomorfologische kaart. De rode stippellijn geeft bij benadering het deel van het zeekleigebied aan dat is ontstaan door het verdrinken van veengebieden gedurende de laatste tweeduizend jaar. In West-Nederland ligt het aangetaste gebied telkens zeewaarts van de stippellijn. In Noord-Nederland omvat dit gebied vooral de boezems en het achterland van de zee-inbraken (Middelzee, Lauwerszee en Dollard). De aangetaste rand van de Zuiderzee is niet weergegeven

geografie gecombineerd zijn. Al in 1958 suggereerde Taco Edelman, ingenieur bij Rijkswaterstaat, dat bodemdaling van veengebieden grote landschappelijke gevolgen moest hebben gehad.³ Hij kon de ruimtelijke implicaties van deze geomechanische hypothese echter nog niet volledig aantonen, omdat daarvoor destijds de geologische en archeologische kennis ontbrak. Wat hierbij niet hielp, was dat in de bodemkunde en geologie natuurlijke zeespiegelfluctuaties lange tijd beschouwd werden als de voornaamste oorzaak achter veenontwikkeling en -verdrinking in de delta en kustvlakte.⁴ In de loop van de jaren 1970 en 1980 lieten historisch-geografische studies echter steeds vaker zien dat bewoningsgeschiedenis lang niet altijd goed aan de veronderstelde zeespiegelfluctuaties kon worden gekoppeld.⁵ Archeologische studies toonden ondertussen aan dat in de IJzertijd en Romeinse tijd lokaal al op het veen gewoond werd, bijvoorbeeld in Delfland, Assendelft, West-Friesland en Voorne-Putten.⁶ In 1997 toonden Vos en Van Heeringen aan dat ontginning en ontwatering van het kustveen in het tegenwoordige Zeeland de directe oorzaak was voor de

transformatie van veengebied naar getijdengebied vanaf de Romeinse tijd.⁷ Hieruit bleek dat bewoning niet alleen gestuurd werd door veranderende waterstanden (door zeespiegelvariaties), maar dat de mens ook zelf dergelijke grote veranderingen in gang kon zetten (vernatting en toename overstromingsrisico's door bodemdaling). Sindsdien volgden meerdere studies die dit beeld bevestigden voor andere delen van de kustvlakte. Samen met nieuwe inzichten over onder andere de werking van bodemdaling, de paleogeografische ontwikkeling en ontginning en bewoning leidt dit tot een veranderende blik op de rol van veen in het landschap.

Dit artikel geeft op basis van recente inzichten een nieuw overzicht van de impact van veendegradatie op het landschap in laag Nederland over de laatste tweeduizend jaar. Aan de hand van voorbeelden wordt uiteengezet hoe de vorming en afbraak van veen het landschappelijke patroon in laag Nederland hebben bepaald. De nadruk ligt op inzichten uit de fysische geografie, deze zijn aangevuld met landschapsarcheologisch en historisch-geografisch onderzoek. Hoewel ook in de zandgebieden grootschalige veenontwikkeling en ontginning is geweest, richt dit artikel zich primair op de kustvlakte van laag Nederland. Deze venige kustvlakte is op sommige plekken 60 kilometer breed en omvat het grootste deel van de provincies Zeeland, Noord- en Zuid-Holland, het voormalige Zuiderzeegebied en delen van Friesland en Groningen. De aansluitende kustvlakte in België en Noordwest-Duitsland wordt hier grotendeels buiten beschouwing gelaten.

VEEN ALS BOUWER VAN HET LANDSCHAP

Om de invloed van veen op het landschap te begrijpen, is het allereerst van belang te weten hoe de vorming van veen zich voltrekt en hoe veen grote delen van het Nederlandse landschap heeft opgebouwd. Voor veenvorming en het behoud van veen zijn permanent natte omstandigheden nodig. Veen is immers een grondsoort die bestaat uit halfvergane, waterverzadigde plantenresten. Dit organische materiaal verteert zodra het droogvalt, doordat het dan in contact komt met zuurstof. Veenvorming vindt daarom alleen plaats in relatief laaggelegen gebieden en op plekken met slechte afvoermogelijkheden. Metersdikke veenpakketten kunnen alleen ontstaan als de grondwaterstand enige tijd blijft stijgen en de veenvorming dit kan bijhouden.

De eerste fase van veenvorming vond plaats tijdens het Holocene. In deze periode steeg de zeespiegel door het afsmelten van de ijskappen uit de laatste ijstijd.⁸ De stijgende zeespiegel stuwde het grondwater op de zandgronden achter de kustzone steeds verder op, waardoor hier moerassen ontstonden. Zo begon grootschalige veengroei boven op de pleistocene zandgrond en ontstond het zogenoemde basisveen. In West-



2C. Dikte van het holocene veen uit het GEOTOP-model (GeoTOP_v1r6). Het dikste veen komt voor in het Groene Hart. Oost-Nederland en Zuid-Limburg vallen buiten het gekarteerde gebied. (Met dank aan Jan Stafleu TNO-GDN)

Nederland lag de pleistocene ondergrond relatief diep. Hier kwam al vanaf ongeveer 8500 jaar geleden basisveen tot ontwikkeling. De basis hiervan ligt nu tussen 10 en 13 meter onder NAP. In Noord-Nederland en in het Zuiderzeegebied begon grootschalige veenvorming tweeduizend jaar later; de basis van het veen ligt hier nu rond een diepte van 6 tot 8 meter onder NAP. De voortgaande zeespiegelstijging zorgde ervoor dat de meest zeewaartse moerassen overstromden met zee-water en veranderden in getijdengebieden. Door het zoute water en de sedimentatie werd de veengroei op veel plekken onderbroken. In deze lagunes en waddengebieden werden metersdikke pakketten zand en klei op het onderliggende basisveen afgezet.⁹

In West-Nederland brak zo'n 5500 jaar geleden een tweede fase van grootschalige veenontwikkeling aan. Dit hing samen met een afname van de zeespiegelstijging en het sluiten van de strandwallen en duinen voor de kust als gevolg daarvan. De invloed van de zee in de kustvlakte nam hierdoor sterk af, terwijl dit gebied wel permanent nat bleef.¹⁰ Onder deze omstandigheden kon over grote oppervlaktes veengroei optreden. Het veenpakket dat uiteindelijk ontstond, wordt in de geologie het hollandveen genoemd.¹¹ Samen met sedimentaanvoer vanuit zee zorgde de veengroei ervoor dat de getijdengebieden kleiner werden en de zeegaten uiteindelijk dichtgingen.¹² De getijdengebieden achter de kustlijn veranderden hierdoor in uitgestrekte moerassen. De gestage veengroei bleef in de millennia daarna in evenwicht met de inmiddels afgenomen zeespiegelstijging. Hierdoor ontstonden metersdikke veenpakketten. Het dikste veenpakket ligt in het Groene Hart: lokaal tot 7 meter dik.¹³ In Noord-Holland is dit pakket 3 tot 4 meter dik (afb. 2c).¹⁴ In Noord-Nederland bleef de kust open (Waddenzee), maar langs de beschutte zuidrand van de kweldergebieden kwam ook veengroei op gang. Het veen is hier 1 à 2 meter dik en ligt veelal direct op het pleistocene zand.

Het totale veenpakket in de kustvlakte dat zich ontwikkelde door grondwaterstijging (opgestuwd door de holocene zeespiegelstijging) wordt kustveen genoemd. Kustveen omvat dus onder andere het basisveen en het hollandveen. Het gebied waar het kustveen zich heeft ontwikkeld, valt grotendeels samen met laag Nederland en ligt grofweg onder de huidige 0-NAP-lijn (afb. 2A). Op de zandgronden van hoog Nederland vormde zich eveneens veen, aanvankelijk vooral in de beekdalen en laagtes. Vanaf ongeveer vijfduizend jaar geleden groeiden deze lokaal uit tot uitgestrekte hoogveenmoerassen, zoals in de Peel en het Bourtangermoor.¹⁵ Het veen in de zandgebieden breidde zijwaarts uit en groeide op sommige plekken samen met het veen dat zich in de kustvlakte aan het vormen was. Vooral in Noord-Nederland gaan deze veengebieden vloeiend in elkaar over. Het hoogtepunt van de veenverbreding lag in zowel laag als hoog Nederland ruw-

weg vlak voor de Romeinse tijd. Al waren er regionale verschillen.

VERSCHILLENDE SOORTEN VEEN

Afhankelijk van de milieumomstandigheden bij de vorming, ontstaan veensoorten met verschillende samenstellingen, zoals bosveen, rietveen, zeggeveen of veenmosveen.¹⁶ Welke veensoort ontstond, werd sterk bepaald door de paleogeografische situatie van het omliggende gebied. Riet kan bijvoorbeeld vrij goed tegen voedselrijk brak water, waardoor in de buurt van (voormalige) zeearmen vooral rietveen voorkomt. In de buurt van rivierlopen kwamen juist vaak moerasbossen met els en wilg tot ontwikkeling. Deze boomsoorten gedijden goed bij klei- en voedselrijk rivierwater. Hieruit ontstond vervolgens bosveen. Zeggeveen vormde zich vaak verder van de getijden- en rivierinvloed. Naast paleogeografie heeft ook de ecologische ontwikkeling van het veen (successie) een belangrijke rol gespeeld bij het voorkomen van bovengenoemde veentypen. Zo kon het veen op enige afstand van rivieren en getijdengeulen zich doorontwikkelen tot hoogveenkoepels, waar veenmosveen domineerde. Dit veenmosveen kan veel water opnemen, waardoor het tot enkele meters boven het regionale grondwater kan uitgroeien. Hoogveenkoepels worden daardoor alleen door zuur en voedselarm regenwater gevoed.¹⁷

Deze botanische verschillen in veensoorten hebben sterk doorgewerkt bij de latere ingebruikname van het landschap. Veenmosveen en zeggeveen waren bijvoorbeeld geschikter voor turfwinning dan bosveen. Maar ook de oorspronkelijke topografie die hoorde bij de verschillende veensoorten speelde een rol. Vóór de ontginning en afgraving lag het meeste veenoppervlak net boven toenmalig zeeniveau (rond het huidige NAP), in de hoogveenkoepels lag het maaiveld echter nog tot enkele meters hoger. Hierdoor fungeerden hoogveenkoepels vaak als waterscheidingen in het landschap en vormden ze later dikwijls territoriale scheidingen. Het oorspronkelijke reliëf van de koepels komt daarnaast op sommige plekken nog terug in de radiale verkavelingspatronen, die samenhangen met de ontwatering van de koepel tijdens de ontginning ervan. Dit is bijvoorbeeld nog te zien bij de Ronde Venen in het noordwesten van de provincie Utrecht.¹⁸ Rondom de koepels lagen riviertjes zoals de Rotte, Meije, de Gaasp en de Zaan. Deze riviertjes zijn later veelal gebruikt als ontginningsbasis en de meeste zijn nog steeds in het landschap aanwezig.¹⁹

OORZAKEN EN MECHANISMEN VAN VEENDEGRADATIE

Door de ingebruikname van veen door de mens zette een proces van veendeградatie in. Dit begon lokaal al in de IJzertijd en deze ontwikkeling zette door na de grootschalige ontginningen vanaf de negende en tiende eeuw. De belangrijkste oorzaken van veenaafbraak

ORZAAK VEENDEGRADATIE	MECHANISMEN	LANDSCHAPPELIJK GEVOLG	VOORBEELD
Ontwatering	Bodemdaling door rijping (krimp), consolidatie en oxidatie	Bodemdaling veenweidegebied, toename overstromingskansen	Krimpenerwaard
	Bij zee-inbraken na bodemdaling ¹ : geulen vormen zich en eroderen veen. Sedimentatie buiten geulen drukt veen verder in, maar land slibt ook op	Langdurig landverlies, veengebied verandert in een getijdengebied	Zeeland, Biesbosch, Dollard
Turfwinning	Afgraven veen over meters diepte door diepe natte vervening	Vorming petgaten	Weerribben
	Afgraven ondiep veen (deels natte vervening) bijv. voor zoutwinning	Hobbelig land, toename overstromingskansen	Yerseke en Kapelse Moer ('oudland' in zw-Nederland)
Afkalving	Afkalven veen over meters diepte door golfslag	Petgaten groeien uit tot plassen	Nieuwkoopse Plassen, De Wieden
		Petgaten groeien uit tot plassen (drooggelegd)	Prins Alexanderpolder
		Natuurlijke meertjes groeien uit tot meren	Heegermeer, Tjeukemeer
		Natuurlijke meertjes groeien uit tot meren (drooggelegd)	Haarlemmermeer, Beemster, Zuiderzee

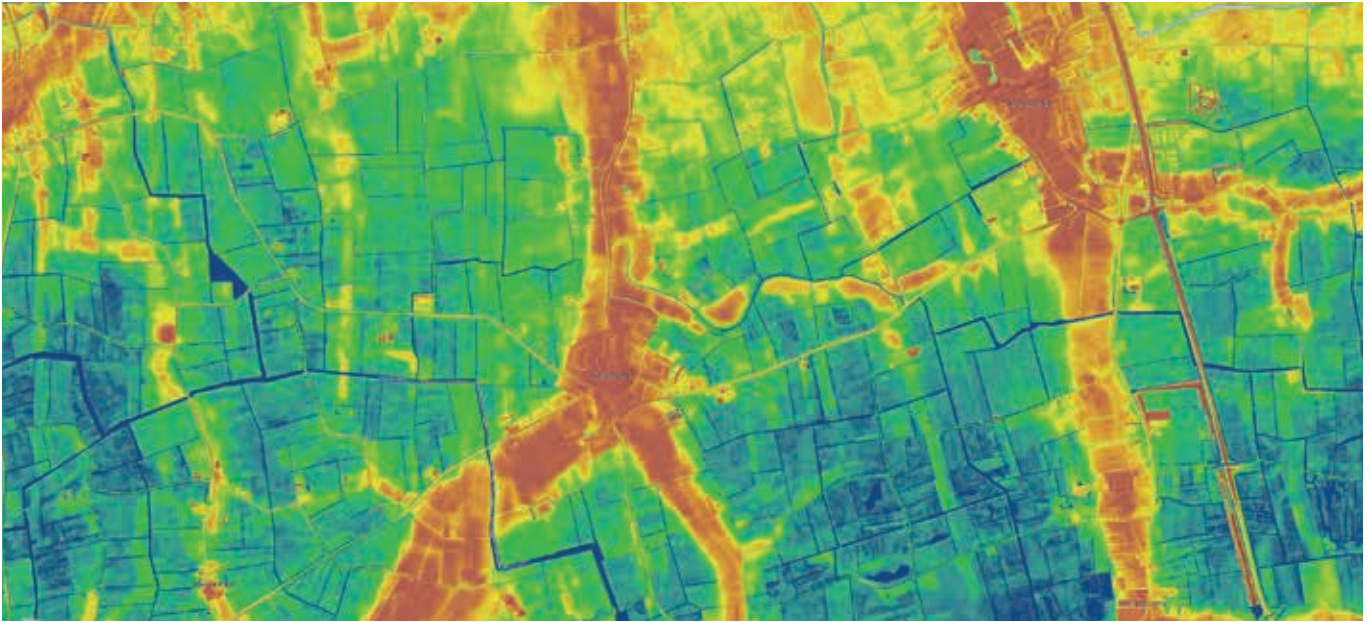
¹ Als bodemdaling plaatsvindt op kwetsbare plekken, treedt langdurig landverlies op.

TABEL 1. Overzicht van oorzaken, mechanismen en gevolgen van veendegradatie in laag Nederland. Vaak treedt in werkelijkheid een combinatie van oorzaken op, die vaak ook achter elkaar plaatsvindt

zijn ontwatering vanaf het moment van ontginnen, turfwinning, moernering (zoutwinning) en (natuurlijke) afkalving van veenoevers langs waterlopen en meren (tabel 1).

Met name ontwatering van het veen zet een complexe keten van processen in gang. Bij ontwatering degradeert vooral het veen boven de (verlaagde) grondwaterspiegel. Dit gebeurt via verschillende processen. De belangrijkste zijn: rijping (krimp), compactie en oxidatie.²⁰ Rijping treedt direct op bij het ontwateren van het veen. Meer dan 80 procent van veen bestaat uit water in de poriën tussen het organisch materiaal. Hierdoor neemt het volume van het veen bij ontwatering sterk af. Dit veenvolume kan door zwelprocessen deels weer terugveren als de grondwaterstand later weer ver-

hoogd wordt, maar het eerder drooggevallen veen bereikt nooit meer zijn oorspronkelijke volume. Deze onomkeerbare component van ontwatering heet rijping. Het tweede proces, compactie, treedt op als de grondwaterspiegel wordt verlaagd. Dan neemt de poriedruk in het veen af, waardoor de plantenresten dichter op elkaar komen te zitten. Boven de grondwaterspiegel komt het veen in contact met zuurstof en worden de organische bestanddelen in het veen afgebroken door micro-organismen. Dit wordt oxideren genoemd. Dit is een langzamer proces, waarbij het veen eerst zwart wordt en vervolgens grotendeels verdwijnt. Oxidatie zorgt voor het daadwerkelijk verdwijnen van het veen, de andere processen resulteren in volumevermindering van het materiaal. Deze processen zijn deels on-



3A. Oudland in Zeeland. AHN hoogtebeeld van het Oudland van Walcheren, waar enkele kreekruggen te zien zijn (rood, geel). Deze zijn ontstaan door zee-inbraken volgend op Romeinse ontginning van een uitgestrekt veengebied, waarbij de kreken de oude slootpatronen hebben gevolgd

3B. Impressie van de Yerseke Moer in Zuid-Beveland (foto: Marcelle Davidse, via Unesco Geopark Schelde Delta). Ook dit veengebied is verdrongen in de Romeinse tijd, het oude veen is in de Middeleeuwen deels afgegraven voor zoutwinning. Hierbij ontstond een kreekenlandschap, met daartussen lager gelegen hobbelige poelgronden

omkeerbaar en veroorzaken samen bodemdaling. Omdat het maaiveld zo dicht bij de grondwaterstand komt te liggen, treedt vernatting op. De veengrond moet dan weer dieper worden ontwaterd om bruikbaar te blijven voor de landbouw, waardoor deze processen weer van voren af aan beginnen. Sinds de ontginning is het veenweidegebied op deze wijze al enkele meters gezakt.²¹

HISTORISCHE ONTWIKKELING VAN VEENDEGRADATIE
De verschillende wijzen van veenverandering en -verdwijning door menselijk ingrijpen hebben elk geleid tot verschillende veendegradatielandschappen (afb. 2B). Hieronder worden de landschappelijke gevolgen van veendegradatie besproken aan de hand van de belangrijkste omslagpunten en transformaties. Deze beginnen vlak voor de Romeinse tijd en lopen door tot het heden.

VROEGE ONTGINNING VANAF DE IJZERTIJD

Bodemdaling en veendegradatie door menselijk gebruik gaan verder terug dan de middeleeuwse ontginningen. Zoals eerder gesteld was er vanaf de IJzertijd lokaal al sprake van de ingebruikname van het veen voor bewoning en voor landbouw, met name rondom riviermondingen. Hierbij werd het veen ontwaterd en zakte het ontgonnen gebied. Ook in grote delen van Zeeland had de Romeinse veenontginning grote landschappelijke gevolgen.²² Vanaf de laat-Romeinse tijd was het land hierdoor zo gezakt dat het kwetsbaar werd voor zee-inbraken als gevolg van stormvloed. Erosie door getijdenwerking zorgde ervoor dat geulen ontstonden, waardoor de gebieden vanaf toen dagelijks overstroonden en veranderden in een getijdengebied met geulen en platen. Het gewicht van dit sediment drukte het onderliggende veen nog wat verder in. Vanaf de Middeleeuwen raakten deze gebieden weer hoger opgeslibd door gestage toevoer van sediment uit zee. De voormalige verdrongen gebieden konden deels worden bedijkt in de Late Middeleeuwen, dit is nu het zogenoemde oudland in Zeeland (afb. 3). Op deze plekken is veen nu vaak nog onder het zand- of kleidek aanwezig.

Ook in de Friese veengebieden aan de zuidrand van het terpengebied zijn grootschalige randveenontginningen aangetroffen uit de IJzertijd en Romeinse tijd. Recentelijk is hier een uitgebreid netwerk van oude ontginningsloten gekarteerd, dat onder het middeleeuwse kleidek aanwezig is.²³ Deze veengebieden waren na verloop van tijd zodanig gedaald dat ze tijdens stormvloed konden overstroomden. De aan- en afvoer van water zorgde ervoor dat de getijdengeulen zee-waarts verder werden uitgeschuurd. De vorming van grote zeearmen zoals de Middellzee en Lauwerszee hangt hier vermoedelijk mee samen.²⁴ Ook grote delen van de kop van Noord-Holland raakten op deze manier

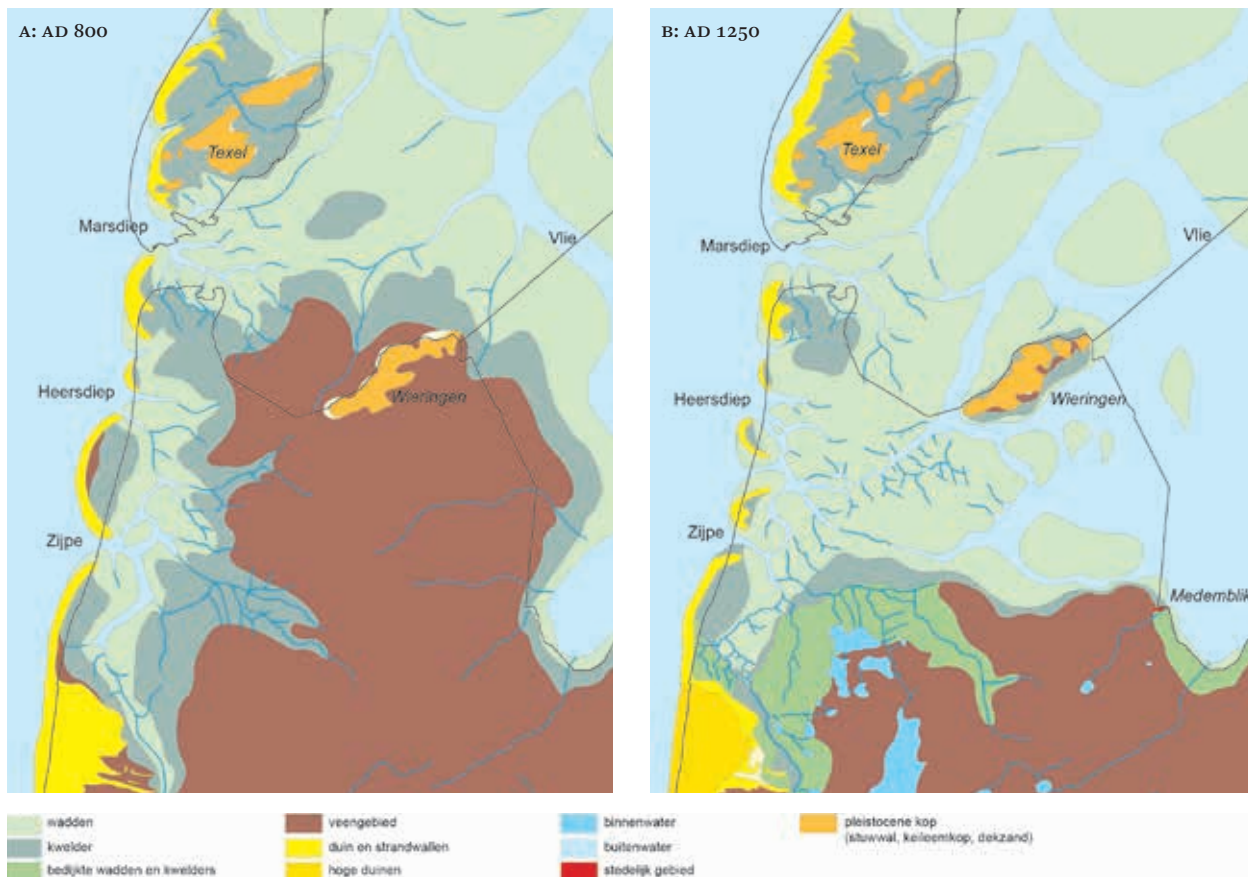
vanaf de Vroege Middeleeuwen met zeeklei en -zand bedekt (afb. 4).²⁵ Daarnaast droeg bewoning op het veen rondom de Maasmond bij Rotterdam zeer waarschijnlijk bij aan de vorming van de Lek en de Hollandse IJssel, waardoor de afvoerpatronen in de delta veranderden.²⁶

Het verdrinken van veengebieden en de opslibbing van klei op het veen zorgden voor een grote transformatie van grote delen van het kustveengebied. In de kustvlakte groeide het aandeel van zeeklei aan de oppervlakte sinds het hoogtepunt van de veenverbreding van 40 naar 75 procent tegenwoordig.²⁷ Een aanzienlijk deel van de huidige zeekleigebieden is op deze wijze gevormd, met uitzondering van West-Friesland, het terpengebied en de bodems van voormalige meren (afb. 2B).²⁸ Vooral de veengebieden direct achter de duinenrij en bij grote zeearmen waren kwetsbaar. Veen-degradatie begon mogelijk lokaal door ontginning, maar door zelfversterkende effecten breidde de aantasting van het veen zich verder uit. Voorbeelden van dergelijke effecten zijn verdere bodemdaling onder het gewicht van het nieuwe sediment en het inzakken van kwetsbare veenranden bij ontwatering. In het zuidwestelijk kustgebied ontstonden hierdoor in de loop van de Vroege Middeleeuwen grote zeearmen, zoals de tegenwoordige Westerschelde en de Grevelingen. Door deze nieuwe zeearmen kon het water tijdens springvloed en stormen nog dieper het land binnendringen. Ook na bedijking trad hierdoor nog regelmatig landverlies op als gevolg van stormvloed.

MIDDELEEUWSE ONTGINNING EN MOERNERING

Tussen de negende en twaalfde eeuw vond in het kustveengebied een tweede grote ontginningsgolf plaats. In tegenstelling tot de vroegere ontginningen zijn de structuren (verkaveling, ontginningsbasis) van deze fase vaak nog goed zichtbaar in het huidige landschap. Het grootste deel van de veengebieden in laag Nederland is in deze periode ontgonnen. De vegetatie in moerasbossen, riet- en zeggevelen en hoogveenkoe-pels werd gerooid en er werden sloten aangelegd om het bovenste deel van de veengrond te ontwateren. Aanvankelijk kon in dit nieuwe cultuurlandschap nog akkerbouw plaatsvinden. Door bodemdaling trad al snel vernatting op, waardoor het land alleen nog geschikt was voor veeteelt.²⁹ Vaak schoven ook de nederzettingen op als gevolg van deze vernatting, soms naar zandkoppen of kreekruggen die onder het veen lagen en door vertering aan de oppervlakte kwamen.³⁰ In meer reliëfrijke hoogvenen schoof bewoning vaak op naar de nog niet ontgonnen wat hogere delen, verder van de oorspronkelijke ontginningsbasis af.³¹

De voortgaande bodemdaling zorgde er uiteindelijk voor dat natuurlijke afwatering van ontgonnen veengebieden op rivieren en zeearmen niet meer mogelijk



4. Paleogeografische kaarten van de Kop van Noord-Holland voor de jaren 800 en 1250 (Van Eerden en Vos 2023). Tussen deze tijdstippen is een groot deel van het veengebied veranderd in een getijdengebied met wadplaten en geulen. Nieuw archeologisch bewijs laat zien dat dit grotendeels veroorzaakt is door bodemdaling door ontginning van het gebied

was. Hierdoor moesten steeds meer dammen worden aangelegd in de veenriviertjes (denk hierbij aan toponiemen zoals Rotterdam en Edam). Bemaling door windmolens vanaf de vijftiende eeuw loste dit probleem slechts tijdelijk op; de verlaging van de grondwaterstand versterkte de bodemdaling op langere termijn.³² Gemiddeld zijn veenbodems sinds de ontginning met circa 1,9 millimeter per jaar gedaald, tegenwoordig is deze snelheid door diepere ontwatering nog eens aanmerkelijk vergroot (2-25 millimeter per jaar).³³ Drainage van veenweidegebieden is verantwoordelijk voor ongeveer de helft van het verlies aan veenvolume over de afgelopen duizend jaar in laag Nederland. Met name oxidatie van de bovenkant van het veen leidde tot afname van het veenvolume.³⁴

Aan de randen van het kustveengebied was het veenpakket zo dun dat het inmiddels grotendeels is verteerd. Langs bijvoorbeeld de westrand van de Utrechtse Heuvelrug, in de Friese Wouden en in westelijk Brabant is de oorspronkelijke voor veenontginningen kenmerkende strokenverkaveling op veel plekken vaak nog wel zichtbaar.³⁵ Het (humeuze) zand op de veenverkaveling ligt er nu aan het maaiveld. Ook op de getijdenafzettingen in West-Friesland lag oorspronkelijk een veenpakket (afb. 4). Dit is na de middeleeuwse ont-

ginning verdwenen, waardoor het onderliggende klei en zand van de getijdenafzettingen aan de oppervlakte kwamen te liggen.³⁶

Niet overal konden de dijken de veenontginningen goed beschermen. Regelmatig traden er nog overstromingen en inundaties op met groot en langdurig landverlies tot gevolg. Bekende voorbeelden hiervan zijn de Hoekse Waard, de huidige Biesbosch en de Dollard (afb. 1).³⁷ In de Late Middeleeuwen lagen hier ontgonnen (en dus niet afgegraven) veengebieden, die verdronken bij stormvloed. Dergelijke stormvloed en slecht dijkonderhoud worden vaak als hoofdoorzaak aangewezen voor het verdrinken van deze plekken, maar gaven in feite het laatste zetje. De belangrijkste achterliggende oorzaak van het landverlies was de bodemdaling, die vooral door menselijk toedoen in kwetsbare plekken binnen het kustveengebied optrad.³⁸ Vooral in de gebieden wat verder van de kustlijn af, waar nog dikke veenpakketten lagen, was de bodemdaling groot. Binnen enkele tientallen kilometers van de kust rondom de Maasmond en Zeeland was het meeste kustveen immers al eerder samengedrukt of vervangen door zand en klei. Dankzij uitbreidende zeearmen zoals de Eems en het Hollands Diep konden stormvloed de meer landinwaartse gebieden berei-

ken. Naderhand slibden ook deze verdrinken veengebieden weer op en werden ze opnieuw bedijkt. Deze voorbeelden laten zien dat grootschalig landverlies ook in een bedijkte situatie nog steeds kan plaatsvinden, maar dat het natuurlijk opslibben dit verlies na verloop van tijd ook weer kan compenseren.³⁹

In gebieden waar zeewater het veen overstroomd had, was zout in het veen gespoeld. Dit maakte verdrinken veen interessant voor zoutwinning (moertering, selnering). In Zuidwest-Nederland vond deze praktijk plaats in de Middeleeuwen en kort daarna, maar er zijn ook enkele voorbeelden uit de Romeinse tijd bekend.⁴⁰ Ook in Noord-Nederland zijn sporen van zoutwinning gevonden.⁴¹ Om het zout te kunnen winnen, werd het veen weggegraven en verbrand. Wat achterbleef was een hobbelig land met veenputten. Op veel plekken zijn deze landschappen tijdens de ruilverkavelingen geëgaliseerd, maar in bijvoorbeeld de Yerseke en Kapelse Moer in Zeeland is dit reliëf nog goed te zien (afb. 3b). Het beëindigen van de zoutwinning in de zestiende eeuw hing onder andere samen met de import van Portugees zout en de gevolgen voor de waterveiligheid. Karel v verbood de zoutwinning in 1527.

TURFWINNING IN DE NIEUWE TIJD

De derde grote verandering in de veengebieden van laag Nederland volgde op de introductie van de grootschalige natte turfwinning. Na de uitvinding van de baggerbeugel in de eerste helft van de veertiende eeuw kon veen op grotere schaal onder het grondwater worden gewonnen. Vanaf de vijftiende eeuw werd deze techniek in het westen van Noord-Brabant ingezet, omstreeks de zestiende eeuw in West-Nederland en in Noordwest-Overijssel en vanaf de achttiende eeuw ook in Friesland.⁴²

Het veen werd in banen uitgebaggerd, waarbij langgerekte petgaten of trekaten ontstonden. De niet-buikbare componenten van het veen, zoals de veraarde bovengrond en stobben, werden aan weerszijden van het petgat op zetwallen (ribben of legakkers) gelegd.⁴³ Omdat het vaak om particuliere initiatieven ging, volgt de oriëntatie van de petgaten in de meeste gevallen de strokenverkaveling van de laatmiddeleeuwse ontginning. Op veel plekken veranderde golfslag deze gebieden in aaneengesloten wateroppervlakten, die vaak als plassen worden aangeduid (Loosdrechtse Plassen, Kralingse Plas, Beulakerwilde). In West-Nederland zijn deze plassen vaak vierkant of rechthoekig. Onder de oude en bewoonde ontginningssassen werd het veen vaak niet afgegraven of afgeslagen. Er bleven zo langgerekte zones van hoger gelegen restveen achter, waarop nu de lintvormige dorpskernen liggen van bijvoorbeeld Bleiswijk, Moerkapelle, Waddinxveen, Mijdrecht, Amstelveen. De natte turfwinning kende een hoogtepunt in de zeventiende en achttiende eeuw, als gevolg van de sterke vraag

naar brandstof in de steden en hun nijverheidszones. Het vervenen ging door tot begin twintigste eeuw (bijvoorbeeld in de Ronde Venen, afb. 5). In een deel van deze uitgeveende gebieden is het nadien overigens weer tot veenvorming gekomen door het ontstaan van drijftillen (kraggen), die vervolgens kunnen zorgen voor verlanding. In nog open petgaten is het veenvormingsproces dat grote delen van Nederland heeft gevormd nog te zien, hoewel de landschappelijke context heel anders is dan ten tijde van de oorspronkelijke veenvorming.

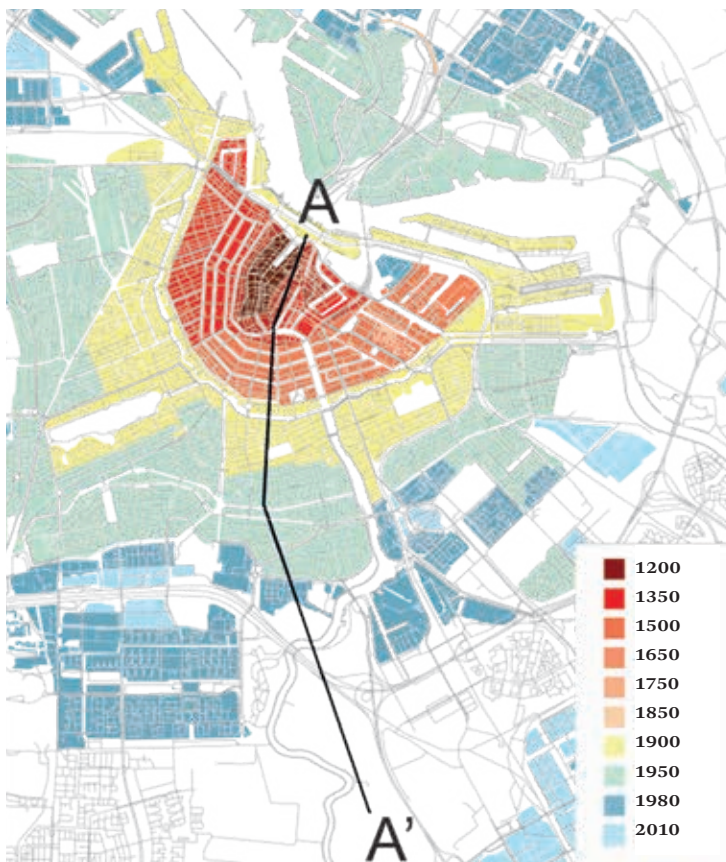
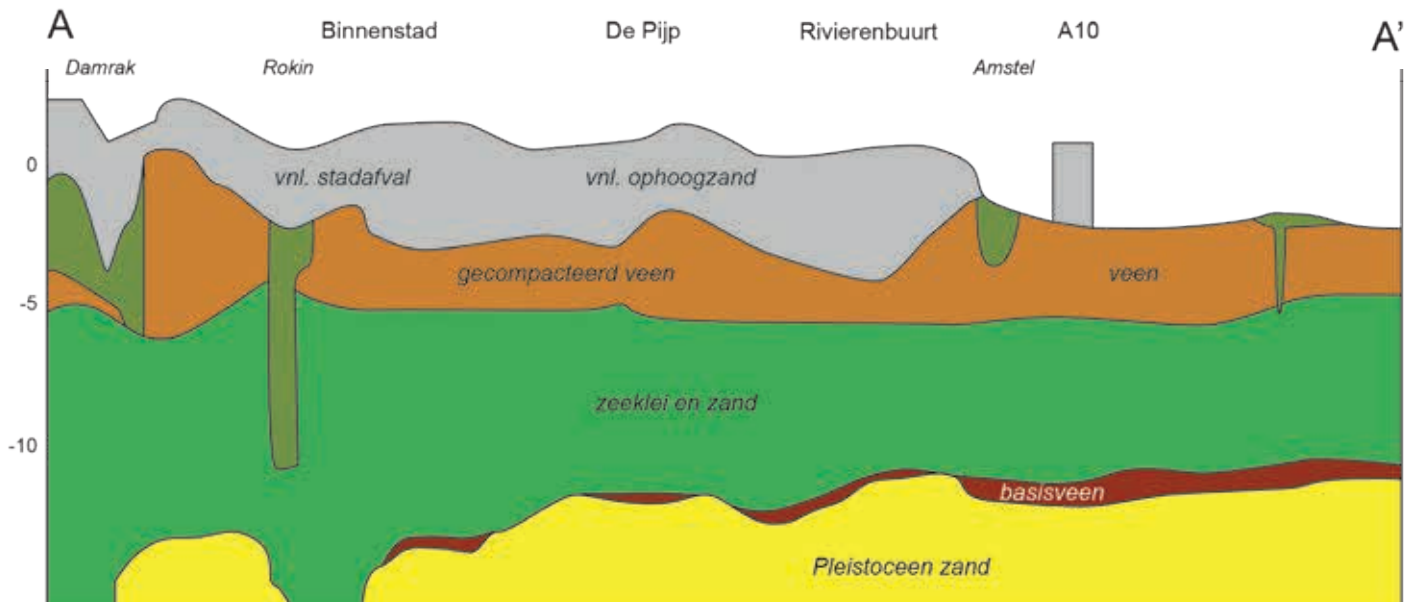
De paleogeografische situatie van laag Nederland ten tijde van de veenvorming is sterk bepalend geweest voor de latere locaties van turfwinning. Veenmosveen (in hoogveen) en zeggeveen waren het meest geschikt voor de turfwinning. Deze lagen vaak relatief veraf van rivier- en getijdeninvloed. Langs rivierarmen kwam vooral bosveen tot ontwikkeling en langs getijdengeulen vaak rietveen. Vanwege de ingespoelde rivieren zeeklei was veen rondom deze geulen vaak ongeschikt voor verbranding. Dit is de reden dat laagveengebieden in de buurt van oude rivier- en getijdengeulen minder vaak zijn afgegraven (afb. 5) en dat in het benedenrivierengebied (bijvoorbeeld Krimpenerwaard, Alblasserwaard) nauwelijks turfwinning heeft plaatsgevonden. Op deze plekken ligt nu een veenweidegebied.⁴⁴ Desondanks zijn er nog grote delen van het veenweidegebied waar veenmosveen of zeggeveen wel aanwezig is, bijvoorbeeld doordat de winning er op een gegeven moment werd verboden. Dit was vooral het geval rondom steden die bedreigd werden door de uitbreidende plassen (bijvoorbeeld rondom Gouda in 1635). Ook in Waterland en in het Friese Merengebied liggen grote verdrinken hoogvenen. Deze zijn nooit uitgeveend, omdat de grond mogelijk nog lange tijd genoeg opleverde voor de landbouw. In het geval van Waterland speelt mogelijk mee dat het veen te zout was geworden door middeleeuwse overstromingen vanuit de Zuiderzee.

Naast menselijke oorzaken zijn er ook natuurlijke factoren aan te wijzen die hebben geleid tot het verdwijnen van veen. Afslag van veenoevers langs meren en waterlopen trad vooral op bij een sterkere golfslag. Wateroppervlakten die hierdoor zijn ontstaan, hebben in West-Nederland vaak -meer als toevoeging en in Friesland -mar. De grootste afslag vond plaats in het Zuiderzeegebied. Vanaf de Bronstijd breidden de zoete Flevomeren zich hier steeds verder uit, omdat golfslag de venige oevers afkalfde. Uiteindelijk ontstond hierbij met het Vlie een verbinding naar de Waddenzee, waarbij het Almere ontstond. Deze brakwaterlagune groeide in de loop van de Middeleeuwen uit tot de Zuiderzee.

Ook in de veengebieden van Holland vormden zich binnenmeren zoals de Haarlemmermeer, Beemster en Schermer. Veel van deze meren waren van nature

vermoedelijk al in kleinere vorm in het veen aanwezig, maar de mens speelde mogelijk wel een rol bij de oeverafslag.⁴⁵ Door ontginning en mogelijke turfwinning van de randgebieden om de meren kon het veen bij stormvloeden of grote overstromingen makkelijker overstromen. Hierdoor vormden zich scheuren in het veen en vond afkalving sneller plaats. Voor vrijwel alle meren die op deze wijze ontstonden, is het oorspronkelijke wateroppervlak van voor de ontginning niet meer goed te achterhalen.⁴⁶ De combinatie van turf-

winning en natuurlijke afslag heeft naar schatting voor 34 procent bijgedragen aan de afname van veenvolume in het kustgebied.⁴⁷ De meren zijn net als de plassen vanaf de zeventiende eeuw drooggemalen. Deze droogmakerijen hebben vaak een ronde tot langgerekte vorm en een zuidwest-noordoostoriëntatie. Aan de vorm en ontstaansgeschiedenis van de Haarlemmermeerpolder is bijvoorbeeld nog zichtbaar dat het oorspronkelijke meer door de zuidwesterwind was gevormd, en een bedreiging was voor Amsterdam.



6. Geologisch profiel onder Amsterdam (naar: GeoTOP_v1.6). Tijdens stadsuitbreidingen op het veen is telkens enkele meters ophoogmateriaal opgebracht: eerst vooral stadsafval, later zand uit de duinen en Het Gooi. Hierdoor is het veen onder de stad sterk gecompacteerd (inzetkaart uit Rutte en Abrahamse 2016)

OVERGEBLEVEN VEEN

Met behulp van geologische modellen is becijferd dat er nu nog ongeveer 20 km³ veen over is in de Nederlandse kustvlakte, waarvan 11,8 km³ veen in het kustveengebied van West-Nederland (Holland).⁴⁸ De dikste overgebleven veenpakketten, van vijf meter of dikker, liggen ten westen van de Utrechtse Vecht en rondom Gouda. Maaiveldaling is in vrijwel alle veenweidegebieden nog steeds een urgent probleem. Dit proces blijft doorgaan, tenzij overgegaan wordt op volledige vernatting van deze gebieden.

Op veel plekken is gebouwd op het veen. Om te kunnen bouwen op slappe grond werd vaak eerst een ophooglaag aangebracht, waardoor het veen door zetting steviger werd. Hierdoor kwam ook de bovenkant van het veenpakket dieper te liggen, vaak tot onder de grondwaterspiegel, zodat oxidatie niet meer kon plaatsvinden. Het veen in de omgeving kan naderhand grotendeels verdwenen zijn door drainage of turfwinning. Zo is onder terpen of kerkheuvels dikwijls veen bewaard gebleven dat van groot belang is om omliggende vaak verdwenen veenlandschappen te reconstrueren.⁴⁹ Deze overgebleven stukjes veen leveren een schat aan informatie over landschap, paleogeografie, klimaat en menselijke invloed in hun directe omgeving. Met hulp van deze gegevens zijn grote delen van het verdwenen veenlandschap van laag Nederland gereconstrueerd, zoals bijvoorbeeld in het Westland of in Friesland.⁵⁰

De grootste gecompacteerd veenpakketten zijn te vinden onder de ophooglagen van stadsuitbreidingen zoals die in Amsterdam en Rotterdam. Waar de oudere delen van deze steden vooral opgehoogd zijn met stadsafval, werd vanaf de tweede helft van de negentiende eeuw vooral zand gebruikt, dat gewonnen werd uit duinzand van zanderijen⁵¹ in Het Gooi en later uit zandwinningsplassen.⁵² Al met al is de ophooglaag in Amsterdam wel 2-4 meter, tot maximaal 6 meter dik (afb. 6).⁵³ Het veen is hier ingedrukt tot onder de grondwaterstand, waardoor het goed beschermd is tegen oxidatie.⁵⁴

BESLUIT

Laag Nederland wordt vaak gezien als een door mensen gemaakt landschap. Het gebied is inderdaad sterk gevormd door menselijk ingrijpen, maar dit ingrijpen hangt grotendeels samen met veendegradatie. Over de laatste ruim tweeduizend jaar leidde het gebruik van veen en veengrond in de kustveengebieden tot drie grote transformaties in het landschap: verdrinking van kustveen door vroege ontginningen vanaf de IJzertijd; grootschalige ontginningen vanaf de negende eeuw; de vorming van petgaten en plassen door grootschalige turfwinning vanaf de veertiende eeuw. Dit resulteerde in verschillende veendegradatielandschap-

pen, die konden ontstaan doordat veen gevoelig is voor bodemdaling en vanwege de geschiktheid als brandstof. Veenweidegebieden zijn de bekendste veendegradatielandschappen. In deze gebieden is de veengroei al sinds de ontginning gestopt, maar het oorspronkelijke veen is nog in de ondergrond aanwezig, zij het sterk aangetast. Een ander kenmerkend historisch landschap dat sterk samenhangt met veenafbraak zijn de droogmakerijen zoals de Beemster of Haarlemmermeer. Dit zijn veelal drooggelegde veenmeren en -plassen, die door afslag en/of turfwinning waren ontstaan. Enkele van deze plassen en meren zijn nog overgebleven, vaak ook in combinatie met petgaten. Ook veel jonge zeekleilandschappen danken hun ontstaan vaak aan de oorspronkelijke aanwezigheid van veen dat door mensen is aangetast. Dergelijke veenontginningen waren door de voortgaande bodemdaling vatbaar voor zee-inbraken als gevolg van stormvloed (bijvoorbeeld Zeeland, Biesbosch, Dollard). Zelfs op plekken waar nu geen veen meer aan de oppervlakte ligt, zoals in de droogmakerijen of jonge zeekleilandschappen, heeft veen dus een belangrijke rol gespeeld bij de vorming van het landschap.

Veel bekende aspecten van de strijd tegen het water (molens, stormvloed en polders; het gegeven dat ruim een kwart van Nederland tegenwoordig onder zeeniveau ligt) zijn voor een belangrijk deel terug te voeren tot het (oorspronkelijk) voorkomen van veen in de ondergrond en de wijze van ingebruikname van dit veen. De ruimtelijke verspreiding van de huidige veendegradatielandschappen hangt, naast politieke, culturele en economische aspecten, sterk samen met de natuurlijke situatie van laag Nederland van vlak voor het grootschalig menselijk ingrijpen. Zo bepaalde de natuurlijke uitgangssituatie voor een belangrijk deel waar bodemdaling de grootste bedreiging vormde en kon leiden tot landverlies. Hierbij zijn grote zee-inbraken en getijdengebieden gevormd op plekken waar eerst nog veengebieden aanwezig waren (Zeeland, Biesbosch, Dollard). Veendikte en ligging ten opzichte van de kust en zeearmen waren hierbij belangrijke factoren. Het natuurlijke veenlandschap stuurde ook indirect de ligging van droogmakerijen en petgaten. Deze zijn namelijk vooral te vinden op plekken waar de meeste turf lag, vaak op enige afstand van de oorspronkelijke waterlopen in een gebied. De veenweidegebieden vormen feitelijk het overgebleven gebied dat niet grootschalig (definitief) verdronken is en dat niet is uitgeveend of afgekald. Binnen deze gebieden vormden natuurlijke riviertjes vaak het uitgangspunt van de ontginning, ook het reliëf van eventuele veenkoepels was sterk bepalend voor de verkaveling. Deze natuurlijke landschapselementen werkten daarmee sterk door in de inrichting van het landschap.

NOTEN

- 1 M.J. van der Meulen e.a., 'Regional sediment deficits in the Dutch lowlands. Implications for long-term land-use options', *Journal of Soils and Sediments* 7 (2007), 9-16; G. Erkens, M. van der Meulen en H. Middelkoop, 'Double trouble. Subsidence and CO₂ respiration due to 1000 years of cultivation of the Dutch coastal peatlands', *Hydrogeology Journal* 24 (2016), 551-568.
- 2 Erkens, Van der Meulen en Middelkoop 2016 (noot 1). Veenafbraak van voor het jaar 1000 is hierin niet meegenomen.
- 3 T. Edelman, 'Oude ontginningen van de veengebieden in de Nederlandse kuststrook', *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 49 (1958), 239-245.
- 4 H.J. Pierik en K.M. Cohen, 'The use of geological, geomorphological and soil mapping products in palaeolandscapes reconstructions for the Netherlands', *Netherlands Journal of Geosciences*, 99 (2020).
- 5 G.J. Borger, 'De veenhoop. Een historisch geografisch onderzoek naar het verdwijnen van het veendek in een deel van West-Friesland', proefschrift Universiteit van Amsterdam, 1975; A. Verhulst, 'De bewoningsgeschiedenis van de kustgebieden van Nederland en België in het licht van de nieuwe opvattingen over transgressie, stormvloed en klimaatwijzigingen', en 'Slotwoord', in: A. Verhulst en M.K.E. Gottschalk (red.), *Transgressies en occupatiegeschiedenis in de kustgebieden van Nederland en België*, Gent 1980, 9-19, 317-318.
- 6 J.C. Besteman en A.J. Guiran, 'De middeleeuwse bewoningsgeschiedenis van Noord-Holland boven het IJ en de ontginning van de veengebieden', in: M.C. van Trierum en H.E. Henkes (red.), *Rotterdam papers V. A contribution to prehistoric, roman and medieval archaeology. Teksten en lezingen, gehouden tijdens het Symposium Landschap en bewoning rond de mondingen van de Rijn, Maas en Schelde*, Rotterdam 1986, 183-212; M.C. van Trierum, 'Nederzettingen uit de IJzertijd en de Romeinse tijd op Voorne-Putten, IJsselmonde en in een deel van de Hoekse Waard', *BOORbalans* 2 (1992), 11-105.
- 7 P.C. Vos en R.M. van Heeringen, *Holocene geology and occupation history of the Province of Zeeland* (Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO; 59), 1997, 5.
- 8 Het Holoceen is de geologische warme periode die 11.700 jaar geleden begon na de laatste ijstijd.
- 9 Deze worden door de Geologische Dienst Nederland tot het Wormer Laagpakket binnen de Naaldwijk Formatie gerekend. TNO-GDN, 'Stratigrafische Nomenclator van Nederland, TNO – Geologische Dienst Nederland', 2024 (geraadpleegd 12 juni 2024, www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator).
- 10 D.J. Beets en A.J.F. van der Spek, 'The Holocene evolution of the barrier and the back-barrier basins of Belgium and the Netherlands as a function of late Weichselian morphology, relative sea-level rise and sediment supply', *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences* 79 (2000) 1, 3-16; P.C. Vos, *Origin of the Dutch coastal landscape. Long-term landscape evolution of the Netherlands during the Holocene, described and visualized in national, regional and local palaeogeographical map series*, Barkhuis 2015; T. de Haas e.a., 'Holocene evolution of tidal systems in The Netherlands. Effects of rivers, coastal boundary conditions, eco-engineering species, inherited relief and human interference', *Earth-Science Reviews* 177 (2018), 139-163.
- 11 Dit veen wordt gerekend tot het Hollandveen Laagpakket (binnen de Formatie van Nieuwkoop). TNO-GDN 2024 (noot 9).
- 12 H.J. Pierik e.a., 'Vegetation and peat accumulation steer Holocene tidal-fluvial basin filling and overbank sedimentation along the Old Rhine River, The Netherlands', *Sedimentology* 70 (2023) 1, 179-213.
- 13 Het veen is het dikst achter in de kustvlakte, rondom de lijn Waterland-Amsterdam-Woerden-Gouda-Schoonhoven. In deze zone ligt het pleistocene zand nog relatief diep, terwijl het gebied te ver landinwaarts lag om getijafzettingen van het Wormer Laagpakket vanuit zee te kunnen afzetten. Hierdoor is de veengroei hier niet onderbroken tijdens het midden-holoceen en is het pakket veen hier relatief dik geworden.
- 14 Zie het GEOTOP ondergrondmodel op www.dinoloket.nl.
- 15 Hoogveen op de zandgronden wordt tot het Griendtsveen Laagpakket gerekend binnen de Nieuwkoop Formatie. TNO-GDN 2024 (noot 9); W.A. Casparie, 'The three Bronze Age footpaths XVI (Bou), XVII (Bou) and XVIII (Bou) in the raised bog of Southeast Drenthe (the Netherlands)', *Palaeohistoria. Acta et Communicationes* 26 (1984), 41-94; C. Quik, *Peatland initiation through time and space*, dissertatie Wageningen Universiteit, 2023.
- 16 J. Visscher, *Veenvorming* (Noorduijn en Zoon NV Wetenschappelijke Reeks; 33), 1949; J. Bennema, 'Het oppervlakteveen in West-Nederland', *Boor en Spade* 3 (1949); I.J. Bos, F.S. Busschers en W.Z. Hoek, 'Organic-facies determination. A key for understanding facies distribution in the basal peat layer of the Holocene Rhine-Meuse delta, The Netherlands', *Sedimentology* 59 (2012) 2, 676-703.
- 17 L.J. Pons, 'Holocene peat formation in the lower parts of the Netherlands', in: J.T.A. Verhoeven (red.), *Fens and bogs in the Netherlands. Vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*, Dordrecht 1992, 7-79.
- 18 C. de Bont, *Vergeten land. Ontginning, bewoning en waterbeheer in de west-nederlandse veengebieden (800-1350)*, Wageningen University and Research, 2008.
- 19 G.J. Borger, 'Draining – digging – dredging. The creation of a new landscape in the peat areas of the low countries', in: J.T.A. Verhoeven (red.), *Fens and bogs in the Netherlands. Vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*, Dordrecht 1992, 131-171; De Bont 2008 (noot 18).
- 20 C.J. Schothorst, 'Subsidence of low moor peat soils in the western Netherlands', *Geoderma* 17 (1977) 4, 265-291. Met dank aan Kay Koster van TNO-GDN voor het advies bij het schrijven van deze alinea.
- 21 Voor laagveengebieden kan uitgegaan worden van 1,7-2,7 meter bodemdaling sinds het jaar 1000 en voor hoogveengebieden van 2,7-6,7 meter. Verantwoording: over het algemeen wordt aangenomen dat laagveen tot het gemiddeld hoogwaterniveau kon groeien in de kustvlakte. Hierbij wordt uitgegaan van 1 meter boven het toenmalige zeeniveau (in het jaar 1000). Gecorrigeerd voor een bescheiden relatieve zeespiegelstijging van 0,3 meter sinds het jaar 1000 zou het veen tot dus 0,7 meter boven NAP gegroeid kunnen zijn (Erkens, Van der Meulen en Middelkoop 2016, [noot 1]). Tegenwoordig liggen deze polders 1 à 2 meter onder NAP, dus is het maaiveld hier ca. 1,7 tot 2,7 meter gedaald. Voor verdrongen hoogveengebieden is dit een onderschatting, hoogveen kon namelijk nog tot enkele meters boven het gemiddeld hoogwaterniveau uitgroeien (vermoedelijk 1 tot 4 meter, Erkens, Van der Meulen en Middelkoop 2016 [noot 1]). Omdat veel kustveengebieden door de bodemdaling nog met enkele decimeters klei bedekt zijn, is dit mogelijk nog iets meer geweest.
- 22 Vos en Van Heeringen 1997 (noot 7).
- 23 M. Bakker en G. de Langen, 'Peat reclamations of the Pre-Roman Iron Age and Roman Iron Age. Drainage ditch systems and settlement patterns in the province of Friesland', *Palaeohistoria. Acta et Communicationes* 63/64 (2023), 57-145.
- 24 P.C. Vos en E. Knol, 'Holocene landscape reconstruction of the Wadden Sea area between Marsdiep and Weser. Explanation of the coastal evolution and visualisation of the landscape development of the northern Netherlands and Niedersachsen in five palaeogeographical maps from 500 BC to present', *Netherlands Journal of Geosciences* 94 (2015) 2, 157-183.

- 25 R. van Eerden en P.C. Vos, 'Een verrassend leefbaar land aan de rand van wateren', in: J. Nicolay en R. van Eerden (red.), *Noord-Holland in het 1e millennium*, Groningen 2023, 50-95.
- 26 H.J. Pierik e.a., 'Human-caused avulsion in the Rhine-Meuse delta before historic embankment (The Netherlands)', *Geology* 46 (2018) 11, 935-938.
- 27 Dit zijn de oppervlaktepercentages getijgebied in de kustvlakte van voor de Romeinse tijd en van nu. Een belangrijk deel van deze groei vond al voor het jaar 1000 plaats. H.J. Pierik e.a., 'Late Holocene coastal-plain evolution of the Netherlands. The role of natural preconditions in human-induced sea ingressions', *Proceedings of the Geologists' Association* 128 (2017) 2, 180-197.
- 28 In West-Nederland valt het zoekleigebied dat sinds de IJzertijd gevormd is door het verdrinken van veenlandenschappen (afb. 2B) grofweg samen met de verbreiding van de Jonge Zeeklei. Dit is het Laagpakket van Walcheren binnen de Nieuwkoop Formatie (de voormalige Afzettingen van Duinkerke).
- 29 M.K.E. Gottschalk, 'De ontginning der Stichtse venen ten Oosten van de Vecht', *Tijdschrift van het Aardrijkskundig Genootschap* 3 (1956), 206-222. Tot 1350 werd hier koren verbouwd, daarna werd het land te nat door de voortgaande bodemdaling.
- 30 J. Zomer, 'Middeleeuwse veenontginningen in het getijdenbekken van de Hunze. Een interdisciplinair landschapshistorisch onderzoek naar de paleogeografie, ontginning en waterhuishouding (ca 800-ca 1500)', dissertatie Rijksuniversiteit Groningen, 2016; D. Worst en J. Zomer, 'Veenontginningslandschappen van Noord-Nederland', in: T. Spek (red.), *Landschappen van Nederland*, Utrecht 2025 (i.v.), 39-65.
- 31 De Bont 2008 (noot 18).
- 32 G. van der Ven, *Leefbaar laagland. Geschiedenis van de waterbeheersing en landaanwinning in Nederland*, Utrecht 2003.
- 33 Erkens, Van der Meulen en Middelkoop 2016 (noot 1).
- 34 S. van Asselen, 'The relative contribution of peat compaction and oxidation to subsidence in built-up areas in the Rhine-Meuse delta, The Netherlands', *Science of the Total Environment* 636 (2018), 177-191.
- 35 D. Worst, 'Agrarische veenontginningen in oostelijk Opsterland (900-1700 AD). Een interdisciplinair onderzoek naar de natuurlijke landschapsopbouw, de nederzettingen- en ontginningsgeschiedenis en het agrarische landgebruik langs de boven- en middenloop van het Koningsdiep', masterscriptie Rijksuniversiteit Groningen, 2012. K.A.H.W. Leenders, 'Noord-Vlaanderen en de Noordwesthoek: een vergelijking', *Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis* 5 (1996), 67-73.
- 36 Borger 1975 (noot 5); J.A.J. Vervloet, *Cultuurhistorisch onderzoek ruilverkaveling 'De Gouw'* (Rapport Stichting voor Bodemkartering; 1569), Wageningen 1982.
- 37 M.G. Kleinhans, H.J. Weerts en K. M. Cohen, 'Avulsion in action. Reconstruction and modelling sedimentation pace and upstream flood water levels following a Medieval tidal-river diversion catastrophe (Biesbosch, The Netherlands, 1421-1750 AD)', *Geomorphology* 118 (2010) 1-2, 65-79; Vos en Knol 2015 (noot 24); Vos 2015 (noot 10).
- 38 Pierik e.a. 2017 (noot 27); Vos 2015 (noot 10).
- 39 I. Jongepier e.a., 'Intertidal landscape response time to dike breaching and stepwise re-embankment. A combined historical and geomorphological study', *Geomorphology* 236 (2015), 64-78; Kleinhans e.a. 2010 (noot 37).
- 40 H. Thoen, *De Belgische kustvlakte in de Romeinse tijd*, 1978; Leenders 1996 (noot 35).
- 41 J.W. Griede, *Het ontstaan van Frieslands Noordhoek. Een fysisch-geografisch onderzoek naar de Holocene ontwikkeling van een zoekleigebied. In Het ontstaan van Frieslands noordhoek*, Amsterdam 1978.
- 42 S. Barends e.a., 'Het Nederlandse landschap. Een historisch-geografische benadering', Utrecht 1991; Worst en Zomer 2025 (i.v.) (noot 30).
- 43 J.C.F.M. Haans, 'Enkele bodemkundige aspecten van het veengebied in het land van Vollenhove', *Boor en Spade* 6 (1953), 84-94.
- 44 Bennema 1949 (noot 16).
- 45 P.J.E.M. van Dam, 'De tanden van de waterwolf', *Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis* 5 (1996), 81-91.
- 46 Voor recenter gevormde meren is dit soms wel goed bekend. Zo is het Friese Heegemeer bijvoorbeeld grotendeels na ontginning gevormd, tussen de twaalfde en veertiende eeuw. Worst en Zomer 2025 (i.v.) (noot 30).
- 47 Erkens, Van der Meulen en Middelkoop 2016 (noot 1).
- 48 M.J. van der Meulen e.a., 'Regional sediment deficits in the Dutch lowlands. Implications for long-term land-use options', *Journal of Soils and Sediments* 7 (2007), 9-16; K. Koster e.a., 'Three-dimensional distribution of organic matter in coastal-deltaic peat. Implications for subsidence and carbon dioxide emissions by human-induced peat oxidation', *Anthropocene* 22 (2018), 1-9.
- 49 Edelman 1958 (noot 3); T. Edelman, *Bijdrage tot de historische geografie van de Nederlandse kuststreek* (Rijks-waterstaatsserie; 14), 1974.
- 50 P.C. Vos e.a., *Het ontstaan van Westland-Delfland, gebaseerd op paleolandschappelijk onderzoek en getijsysteemkennis. Toelichting op de regionale paleolandschappelijke kartering, uitgevoerd in het kader van het uitbrengen van de Atlas van het Westland* (DAR Rapport 130), 2017, 1-95; Worst en Zomer 2025 (i.v.) (noot 30).
- 51 De voor de stadsuitbreiding afgezande duinen bleken zeer geschikt voor bloembollenteelt. Dit typisch Hollandse fenomeen is dus indirect ook aan bodemdaling en veen te relateren.
- 52 W. de Gans, *ANWB geologieboek Nederland* (ANWB Media-Boeken & Gidsen), 2006; R.M. Jayasena, *Graaf-en modderwerk. Een archeologische stadsgeschiedenis van Amsterdam*, dissertatie Universiteit van Amsterdam, 2019.
- 53 J. Schokker e.a., '3D subsurface modelling reveals the shallow geology of Amsterdam', *Netherlands Journal of Geosciences* 94 (2015) 4, 399-417.
- 54 K. Koster, J. Stafleu en E. Stouthamer, 'Differential subsidence in the urbanised coastal-deltaic plain of the Netherlands', *Netherlands Journal of Geosciences* 97 (2018) 4, 215-227.

DR. H.J. PIERIK studeerde aardwetenschappen aan de Universiteit Utrecht. In 2017 promoveerde hij aan de Universiteit Utrecht op het proefschrift 'Past human-landscape interactions in the Netherlands. Reconstructions from sand belt to coastal-delta plain for the first millennium AD'. Hij werkt sinds 2021 bij de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed als onderzoeker ondiepe ondergrond en maakt deel uit de van de redactie van het tijdschrift *Netherlands Journal of Geosciences*.

GAPS IN THE LANDSCAPE

HOW 2000 YEARS OF PEATLAND DEGRADATION SHAPED THE LANDSCAPE OF THE DUTCH LOWLANDS

HARM JAN PIERIK

Around 2000 years ago peat was present on a vast scale throughout the Dutch lowlands. Over the course of time, however, peat extraction and post-reclamation subsidence led to the disappearance of large volumes of peat. A quarter of the Netherlands ended up below sea level and a variety of peat degradation landscapes emerged: reclaimed peatlands, lakes and drained lakes, tidal inlets and tidal clay polders. Although these typical Dutch lowland landscapes were in large part man-made, the presence of peat played a crucial role in their formation. The spatial distribution of these peat degradation landscapes was to a great degree determined by the natural peat landscape prior to reclamation.

The transformation of the peat landscape occurred in three phases. During the first transformation, which began during the Roman period, large areas of peatland, including in Zeeland, the kop van Noord-Holland (the northern tip of North Holland) and parts of the northern Netherlands, turned into tidal clay areas. This was a consequence of early reclamation efforts, which resulted in subsidence and seawater inundation. This was often followed by the formation of tidal areas with shoals and channels. This was a direct consequence of the fragility of the coastal peatland drowning that covered large parts of the coastal plain; the most vulnerable sections were located along a narrow dune strip or near a large inlet. Although some of the submergence was eventually compensated for by sand and clay deposition, large estuaries like the Westerschelde and Oosterschelde are lasting remains of those sea incursions in former peatlands.

From the ninth century onwards, a second major transformation of the coastal peatland landscape occurred, that of large-scale reclamation. Much of the

natural marsh vegetation was removed, and the land was drained and used for agriculture. This put an end to natural peat growth and initiated a process of ground subsidence, which soon rendered arable farming impossible. Eventually measures like the damming and diking of watercourses and the draining of polders became necessary. Any peat domes and natural streams tended to have a strong impact on drainage channels and parcellation in reclaimed peatlands. Two thirds of total peat loss in the coastal plain can be attributed to oxidation of the peat following this wave of reclamation activities. Peat also disappeared as a result of lake shore erosion or salt mining. Some major land losses occasionally occurred in the vulnerable embanked peatlands during storm flood events. This was especially the case further inland, such as in the Biesbosch and Dollard areas.

A third major transformation began in the fourteenth century with the widespread introduction of the 'wet' method of peat extraction using a hand-held 'scoop' dredge. Peat extraction occurred in places where sphagnum or sedge peat occurred, which were suitable peat types for burning. Many of the lakes that remained after removal of the peat were later drained again. Together, peat extraction and lake shore erosion accounted for around one third of peat volume loss.

Due to these activities, half of the peat volume that was present around the year 1000 has been lost. It is estimated that this loss entailed 3.1 Gt in CO₂ emission, making the Netherlands one of the biggest pre-industrial sources of human greenhouse gas emissions. The remaining peat is still present in the reclaimed peatlands, in young marine clay areas and, to a lesser degree, beneath urban areas and dwelling mounds.