

Inhoud:

De ontwikkeling van het Nederlandse rivierengebied.....	49	“Moler” in Denemarken, een voorbeeld van zeebloei?.....	70
Zuid-Wales, een geologische excursie.....	58	De GEA-Pionier, VII. Determinatie van sedimentaire gesteenten, deel 2.....	74
9 dagen in het Kriegalptal (Binntal, Zwitserland).....	66	Boekbesprekingen.....	to. 76

De ontwikkeling van het Nederlandse rivierengebied

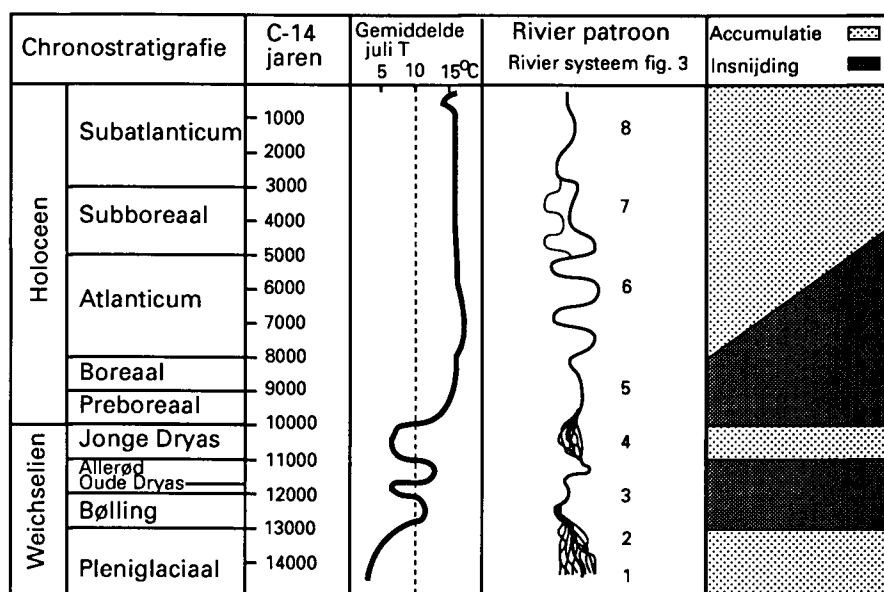
door Dr. H.J.A. Berendsen,
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen,
Rijksuniversiteit Utrecht

Het ontstaan van het landschap van het Nederlandse rivierengebied is het resultaat van de geologische en (fysisch-)geografische ontwikkeling in ruwweg de laatste 12.000 jaar. Door verschillen in klimaat en snelheid van zeespiegelstijging ontstonden verschillende rivierpatronen, elk met hun eigen karakteristieke afzettingen. Vanaf circa 1000 na Chr. speelt de mens bij de ontwikkeling van het landschap een overheersende rol. Zonder het ingrijpen van de mens zou het rivierengebied voor een groot deel bestaan uit een onbegaanbare, drassige, met

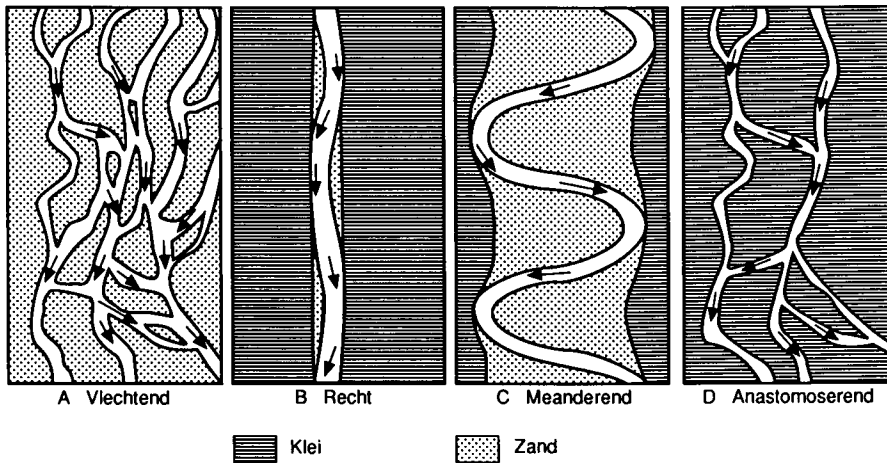
moerasbos begroeide wildernis. De mens heeft, zeker in de beginperiode, zijn activiteiten zoveel mogelijk aangepast aan de verschillen die van nature in het landschap aanwezig waren. In dit artikel wordt nagegaan op welke manier deze combinatie van natuurlijke processen en menselijk ingrijpen zich heeft voltrokken.

Het rivierengebied aan het einde van de laatste ijstijd

Voor het begrijpen van de ontstaanswijze van het rivierenlandschap moeten we in gedachten teruggaan naar de laatste ijstijd (het Weichselien), die ongeveer 120.000 jaar geleden begon en ongeveer 10.000 jaar geleden eindigde (afb. 1). Weliswaar bereikte het landijs (dat vrijwel geheel Scandinavië bedekte) Nederland niet, maar er heersten hier wel zeer koude omstandigheden. De gemiddelde jaartemperatuur was ongeveer 10 ° lager dan tegenwoordig, waardoor de ondergrond het gehele jaar door bevroren bleef; alleen het bovenste laagje van de grond ontdooide in de zomer. Vrijwel over geheel Nederland werden door de wind afzettingen gevormd, de zogenaamde dekzanden, die op veel plaatsen nu nog aan de oppervlakte liggen, bijvoorbeeld direct ten zuiden (Noord-Brabant) en ten noorden (Kromme-Rijng gebied) van het huidige rivierengebied.



Afb. 1. Stratigrafische tabel van het Laat-Weichselien en het Holoceen.



Afb. 2. Indeling op grond van de vorm van de rivierloop.

a: vlechtende rivieren, b: rechte rivieren, c: meanderende rivieren, d: anastomoserende rivieren.

De grote rivieren stroomden evenals tegenwoordig door de Betuwe, maar ze zagen er geheel anders uit. Er waren nog geen dijken en er was nauwelijks enige begroeiing. De rivieren vervoerden veel (grof) zand en grind, en hadden gedurende de koudste periode van de laatste ijstijd (circa 18.000 jaar geleden) een **vlechtend patroon**, dat wil zeggen, er bestond niet één kronkelende bedding, maar een stelsel van brede en ondiepe geulen, die zich herhaaldelijk splitsten en herenigden, en die zich snel konden verleggen (afb. 2). De zee was ver weg: omdat er een enorme hoeveelheid water aan de oceanen onttrokken was, dat opgeslagen lag in de grote landschappen van Scandinavië en Noord-Amerika, stond de zeespiegel circa 120 m lager dan tegenwoordig. Dit betekent, dat de Noordzee geheel droog lag. De afzettingen van de grote rivieren uit deze tijd liggen nabij Nijmegen nu nog aan de oppervlakte. Deze rivierafzettingen behoren tot de Formatie van Kreftenheye, en staan tegenwoordig bekend als de Kreftenheye-V afzettingen (vroeger 'Laagterras' genoemd). De sedimenten zijn gekenmerkt door weinig differentiatie, dat wil zeggen, ze bestaan uitsluitend uit zand en grind. Klei en veen komt er vrijwel niet in voor. In westelijke richting komen deze afzettingen steeds dieper onder de oppervlakte te liggen. Ze zijn hier bedekt geraakt met jongere rivierafzettingen, die in de laatste 10.000 jaar van de geologische geschiedenis (het Holoceen) zijn gevormd. In afb. 3 komen de Kreftenheye-V afzettingen voor onder een pakket Holocene afzettingen, op 3,5 m + NAP, dat is circa 2,5 m onder het maaiveld. In het westen van de Alblasserwaard zijn de Holocene afzettingen ongeveer 12 m dik.

Tegen het einde van de laatste ijstijd begon het geleidelijk warmer te worden. In het zogenaamde Allerød-interstediaal (afb. 1), dat duurde van 11.700 tot 11.000 jaar geleden, was de gemiddelde zomertemperatuur nog maar enkele graden lager dan tegenwoordig. Het gevolg hiervan was, dat de bevroren ondergrond ontdooide, waardoor het regen- en smeltwater weer in de grond kon dringen. Ook de begroeiing nam toe. Daardoor stroomde er minder water over de oppervlakte af, en kwam het water (dat ook altijd materiaal van de hellingen meeneemt) dus minder snel in de rivieren terecht. Dit leidde tot een afname van de hoeveelheid water en sediment. De rivieren reageerden hierop door een ander patroon aan te nemen: het werden **meanderende rivieren** (afb.2). Meanderende rivieren zijn gekarakteriseerd door het voorkomen van slechts één, meer of minder sterk kronkelende rivierbedding. Een belangrijk kenmerk van meanderende rivieren is, dat er differentiatie optreedt tussen afzettingen in de bedding, op de oever, en in de overstromingsvlakte, de zogenaamde kom. Men spreekt van stroomgordelafzettingen en komafzettingen. Op de oevers vormen de meanderende rivieren bij hoge waterstanden oeverwallen. De afzettingen in de kommen bestaan doorgaans uit homogene kleipakketten.

De meanderende rivieren gingen zich in het Allerød-interstediaal insnijden in hun eigen, eerder gevormde afzettingen. Alleen bij hoge waterstanden traden ze buiten hun oevers, waardoor op de

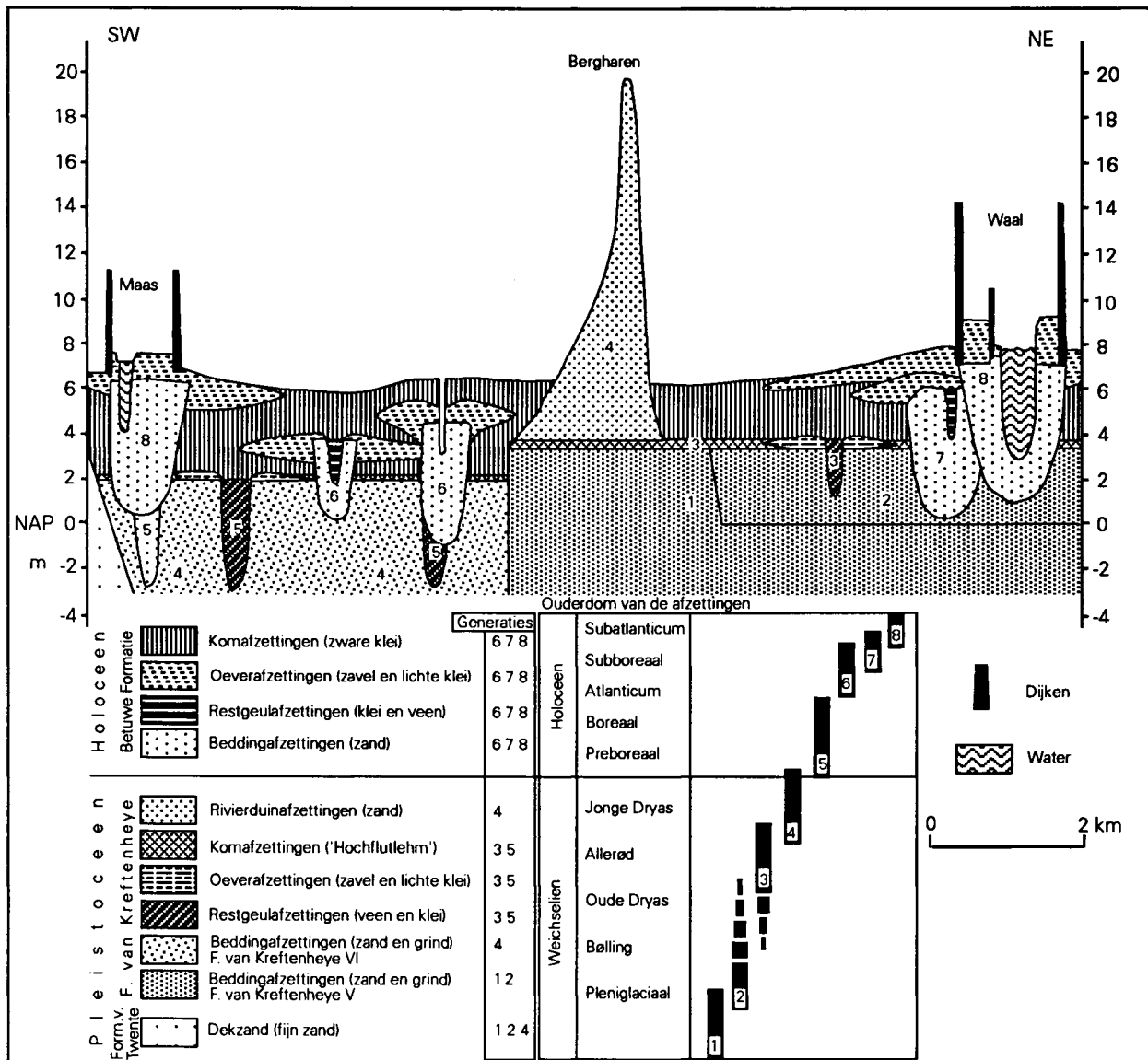
Kreftenheye-V afzettingen een kleilaag werd afgezet van circa 0,5 m (tot maximaal 1 m) dikte (aangegeven met 3 in afb. 3). De kleilaag bevat meestal grove zandkorrels, die uit de nog droog liggende omgeving zijn ingewaaid. Het zandgehalte neemt naar boven toe af. De kleilaag, die grotendeels gevormd is in het Allerød-interstediaal, moet dus worden beschouwd als een komafzetting van meanderende rivieren. De kleilaag is in een groot deel van het rivierengebied in de ondergrond aanwezig. In

de ondergrond van het rivierengebied is de laag vaak kalkrijk en lichtgrijs. De klei is zeer stug, en is daarom vaak ten onrechte 'leem' genoemd. Waar de laag langdurig aan de oppervlakte heeft gelegen, zoals in het oostelijk deel van het rivierengebied, is door verwerking bij lage grondwaterstanden vaak ontkalking opgetreden.

Vervolgens daalde de temperatuur weer in de laatste koude periode van het Weichselien, de Jonge Dryas (11.000 - 10.000 jaar geleden, afb. 1). Daardoor ontstond weer een vlechtend rivierpatroon. De afvoer nam weer toe, de vegetatie verdween en in de heuvelgebieden nam de aanvoer van materiaal naar de rivier weer toe. De vlechtende rivieren sneden zich in eerste instantie in en breidden zich door erosie lateraal uit, waardoor een brede riviervlakte ontstond op een niveau, dat circa 1,5 m lager ligt dan het niveau van de Kreftenheye-V afzettingen (aangegeven met 4 in afb. 3). Deze afzettingen worden tegenwoordig vaak aangeduid als Kreftenheye-VI afzettingen. De oudere Kreftenheye-V afzettingen kwamen door deze erosie in feite als een rivierterras (het 'Laagterras') in het landschap tot uiting. Dit terras is voor het eerst beschreven in het Land van Maas en Waal, door Pons (1957). Het is inmiddels in het gehele rivieren gebied aangetroffen. Wel wordt het hoogteverschil met de lager gelegen Kreftenheye-VI afzettingen in westelijke richting geleidelijk kleiner (in de Alblasserwaard bedraagt het hoogteverschil tussen de beide Kreftenheye-niveaus bijvoorbeeld minder dan 0,8 m).

Omdat de rivieren gedurende een groot deel van het jaar bevroren waren lagen de beddingen van de vlechtende rivieren vaak droog, met als gevolg dat er zandverstuivingen konden optreden. Daardoor zijn buiten de direct overstromde riviervlakte "rivierduinen" ontstaan, die soms 20 m hoog zijn. Dergelijke rivierduinen komen vooral voor ten oosten van de Maas in Noord-Limburg, in het Land van Maas en Waal en in de Alblasserwaard (donken). Ten zuidwesten van Nijmegen ligt bijvoorbeeld een groot rivierduincomplex, waarop onder andere de plaatsens Wychen, Leur, Hernen en Bergharen liggen. In afb. 3 is dit rivierduin aangegeven (Berendsen et al., in press 1993). Door de sterk overdreven verticale schaal lijkt het veel steiler dan het in werkelijkheid is. In de Alblasserwaard steekt alleen het topje van de rivierduinen boven de omgevende klei- en veenlagen uit. De donk van Minkeloos steekt bijvoorbeeld nog 4 m boven het omringende landschap uit. Vaak heeft men de donken benut om er dorpen, kerken, boerderijen of wegen op aan te leggen. De meeste donken liggen op de laatglaciale kleilaag van de Kreftenheye-V afzettingen (afb. 3, 'Hochflutlehm'). Aangezien deze kleilaag hoofdzakelijk in het Allerød-interstediaal is gevormd, moet worden geconcludeerd, dat de rivierduinen tijdens de Jonge Dryas zijn gevormd. In het Holoceen konden ze niet meer gevormd worden, omdat toen de verstuiving door de toenemende begroeiing snel aan banden werd gelegd.

De vorming van de rivierduinen vond plaats door overheersende (zuid-)westenwinden; de grote rivierduinen liggen ten (noord-)oosten van de toenmalige Kreftenheye-VI rivierbeddingen. Zowel



Afb. 3. Schematische ZW-NO doorsnede door het Land van Maas en Waal bij Bergharen. Vlechtende rivieren bestonden tijdens de koude perioden van de laatste ijstijd: generaties 1, 2 en 4. Tijdens warme perioden waren de rivieren meanderend; deze rivieren sneden zich eerst in (generaties 3 en 5). Later trad accumulatie op door meanderende rivieren (generaties 6, 7 en 8). De Waal is veel groter dan de Maas; de waterstanden zijn hier gemiddeld ca. 2 m. hoger. Afwatering van de polders vindt dan ook steeds plaats op de Maas.

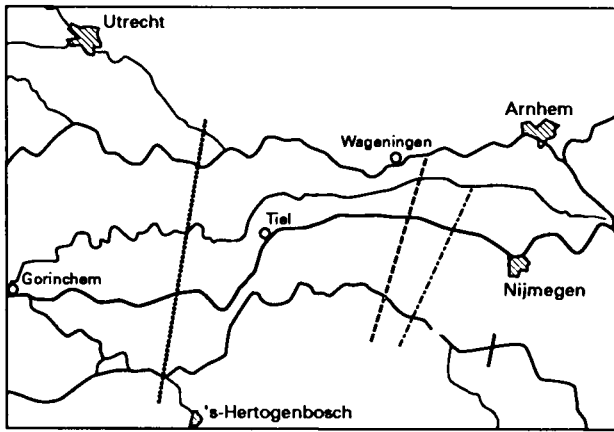
in het Land van Maas en Waal als in Noord-Limburg zijn in de rivierduincomplexen parabolvormen te herkennen, die gevormd moeten zijn in een gedeeltelijk begroeid landschap. Opvallend is, dat alleen rivierduinen voorkomen in gebieden, waar de wind min of meer loodrecht op de rivierbeddingen stond. Waar het zand in de lengterichting van de rivieren werd verplaatst, kwam het in de rivieren terecht, en kwam het dus niet tot duinvorming. Bij de vorming van de rivierduinen heeft waarschijnlijk de aanwezigheid van enige begroeiing op de eerder genoemde Allerød-kleilaag een belangrijke rol gespeeld.

De ontwikkeling in het Holoceen

Aan het einde van de Jonge Dryas werd het snel veel warmer. De ijstijd eindigde circa 10.000 jaar geleden, en het Holoceen begon. Door deze grote klimaatverandering gingen de rivieren opnieuw

meanderen. De afvoer van de rivieren werd veel regelmatig over het jaar verdeeld (de rivieren waren minder lang bevroren), en werd geconcentreerd in enkele hoofdgeulen. De kleinere geultjes van de vlechtende rivieren slibden al snel dicht, of werden opgevuld door veenvorming. De meanderende rivierbeddingen sneden zich diep in. Slechts af en toe waren ze nog in staat buiten hun oevers te treden. Als gevolg van die overstromingen komt ook op de Kreftenheye-VI afzettingen een kleilaag voor, die gevormd is als een komafzetting. Deze laag ligt in het oostelijk rivierengebied op een niveau dat circa 1,5 m dieper ligt dan de kleilaag aan de top van de Kreftenheye-V afzettingen (afb. 3). Omdat de Kreftenheye-V afzettingen in het begin van het Holoceen zelden werden overstroomd, ontstond vrijwel overal in het rivierengebied een begroeiingsniveau (laklaag). Dit donkergrijze of zwarte niveau werd pas bedekt met riviersediment (of, zoals in het westelijk rivierengebied, met veen) toen de diepe rivierbeddingen grotendeels waren opgevuld. De opvulling van de rivierbeddingen vond mede onder invloed van de stijging van de zeespiegel plaats. In het westen waren de rivierbeddingen daarom eerder opgevuld dan in het oosten. Dit wordt geïllustreerd door afb. 4. Naarmate de zeespiegel verder steeg, schoof de 'terrassenkruising' tussen de Kreftenheye-V afzettingen en de holocene afzettingen verder naar het oosten. In het Vroeg-Atlantimum lag deze terrassenkruising ongeveer op de lijn Wijk bij Duurstede - Zaltbommel.

Ten oosten van deze lijn vond op dat moment dus nog geen sedimentatie plaats op de Kreftenheye-V afzettingen, ten westen



- Boreaal-Atlantisch
- Atlantisch-Subboreaal
- Subboreaal-Subatlantisch
- huidige ligging

Afb. 4. Ligging van de terrassenkruising tussen de Kreftenheye-V afzettingen en holocene afzettingen op verschillende tijdstippen.

ervan wel. Dit betekent, dat de Pleistocene afzettingen in het oostelijk deel van het riviereengebied veel langer aan de oppervlakte hebben gelegen. In het Atlanticum werd de stijging van de zeespiegel ook verder naar het oosten merkbaar; de verhanglijnen van de rivieren kwamen steeds hoger te liggen, waardoor zich ook in het oostelijk deel van het riviereengebied nieuwe lopen gingen vormen buiten de oude, diep ingesneden rivierbeddingen. Eerst werden de lager gelegen Kreftenheye-VI afzettingen bedekt met jongere fluviatiele afzettingen, daarna ook de Kreftenheye-V afzettingen. Het opschuiven van deze 'terrassenkruising' is weergegeven in afb. 4. In het begin van het Subboreaal was de kruising opgeschoven tot de lijn Renkum - Batenburg; in het begin van het Subatlantisch tot ongeveer de lijn Arnhem - Wychen. Thans ligt de kruising voor de Maas bij Heumen, en voor de Rijn bij Xanten (Duitsland). Tot in het Atlanticum trad in het oostelijke riviereengebied (Over-Betuwe, Land van Maas en Waal) insnijding op; dit betekent dat oudere Holocene afzettingen slechts in erosiedalen (c.q. oude rivierbeddingen) kunnen worden aangetroffen. De diepe insnijding hangt samen met de lage zeespiegelstand in het Weichselien en Vroeg-Holoceen, en de relatief geringe afvoer en sedimentlast van de Vroegholocene rivieren.

Pas nadat de diep ingesneden (meanderende) rivierbeddingen uit het begin van het Holoceen waren opgevuld, kon zich het huidige landschap van oeverwallen en kommen ontwikkelen. Dit landschap is tot stand gekomen door meanderende rivieren, al komen plaatselijk wel rivierpatronen voor met verschillende restgeulen naast elkaar. In dat geval is er waarschijnlijk sprake geweest van een min of meer vlechtend patroon, als gevolg van lokale factoren (bijvoorbeeld sterk zandige oevers). Dit waren echter uitzonderingen: met de grote klimaatverandering aan het begin van het Holoceen verdwenen de vlechtende rivieren definitief uit Nederland.

Rivierbeddingen van meanderende rivieren verplaatsen zich voortdurend (afb. 5). Door het normale proces van erosie aan de concave (holle) oevers en sedimentatie aan de convexe (bolle) oevers, wordt de meandergordel geleidelijk geheel omgewerkt (afb. 5a). Rivieren kunnen hierdoor zeer lang binnen dezelfde meandergordel blijven bestaan.

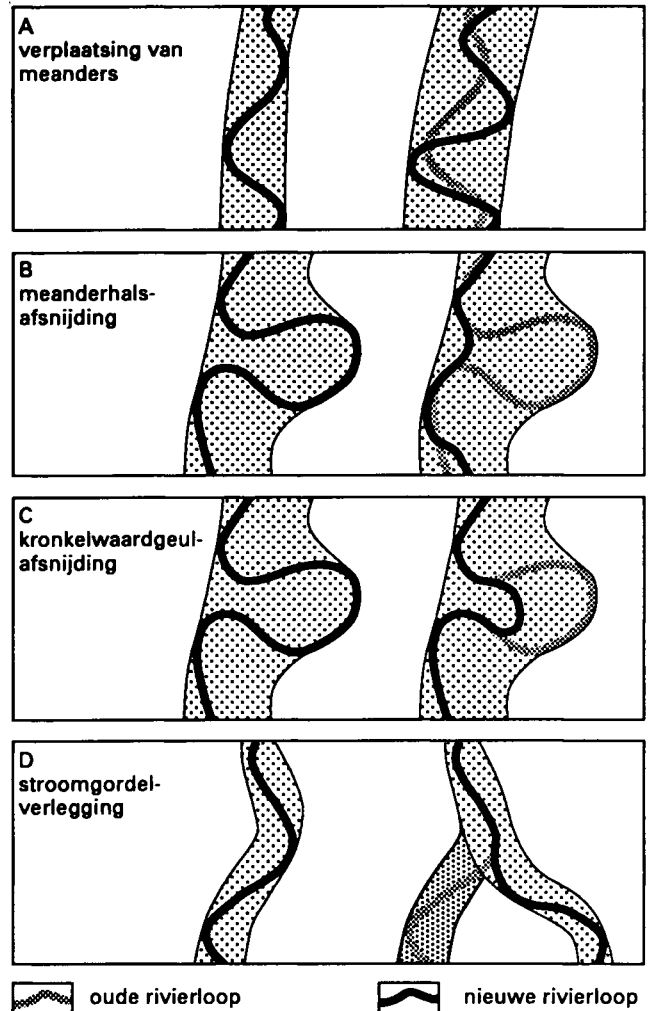
Door de stroomafwaartse verplaatsing van riviermeanders kunnen bochtafsnijdingen optreden indien de verplaatsing van de bovenstrooms gelegen bocht sneller gaat dan de verplaatsing van de benedenstrooms gelegen bocht. De bochten kunnen

daardoor zo dicht bij elkaar komen te liggen, dat een meanderhalsafsnijding optreedt (afb. 5b). Bij een dergelijke afsnijding blijft de afgesneden meander als een hoefijzermeer in het landschap achter. Meanderhalsafsnijdingen treden vooral op bij sterk kronkelende rivieren. In Nederland zijn ze betrekkelijk zeldzaam, omdat de Rijn een weinig kronkelende rivier is. Een voorwaarde voor de vorming van meanderhalsafsnijdingen is, dat de verplaatsing van een meander moet worden geremd door het voorkomen van een stevige kleilaag die weerstand biedt. In dat geval gaat de stroomafwaartse migratie van de stroomopwaarts gelegen meanderbocht sneller, zodat deze de volgende bocht als het ware 'inhaalt'. In een homogene ondergrond komt het niet tot afsnijdingen.

Wanneer een rivier een nieuwe loop vormt door een geul in zijn eigen kronkelwaard, en daardoor zijn eigen loop verkort, is er sprake van een kronkelwaardgeul-afsnijding (afb. 5c). De aanwezigheid van scherpe bochten kan leiden tot het ontstaan van dit soort afsnijdingen, die verder in principe weinig verschillen van meanderhalsafsnijdingen.

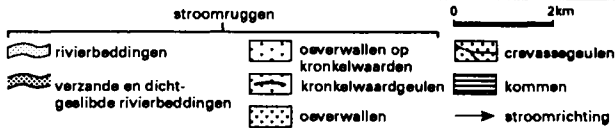
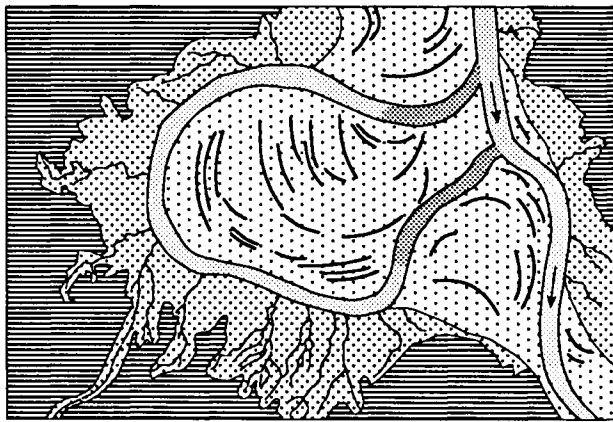
Wanneer een rivier zijn meandergordel verlaat en een nieuwe meandergordel gaat vormen spreekt men van een stroomgordelverlegging (afb. 5d). Stroomgordelverleggingen spelen een belangrijke rol bij het ontstaan van het rivierpatroon in het westelijk deel van het Nederlandse riviereengebied (het zogenaamde perimariene gebied). De oorzaken van stroomgordelverleggingen zijn nog allerminst duidelijk. Het is waarschijnlijk, dat grote debietfluctuaties, al dan niet in combinatie met opstuwung van het rivierwater door hoge zeestanden (stormvloed), een rol spelen.

Meanderende rivieren worden gekenmerkt door differentiatie in afzettingen die in de bedding, op de oevers, en in de kom tot stand komen. Het grofste materiaal (grind en grof zand) blijft



oude rivierloop nieuwe rivierloop

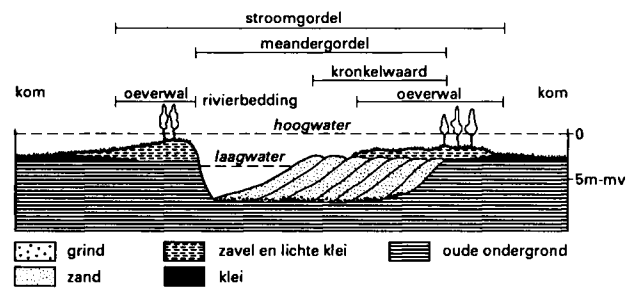
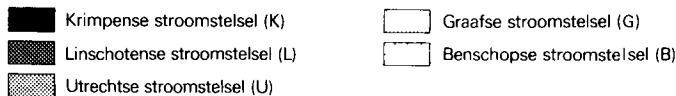
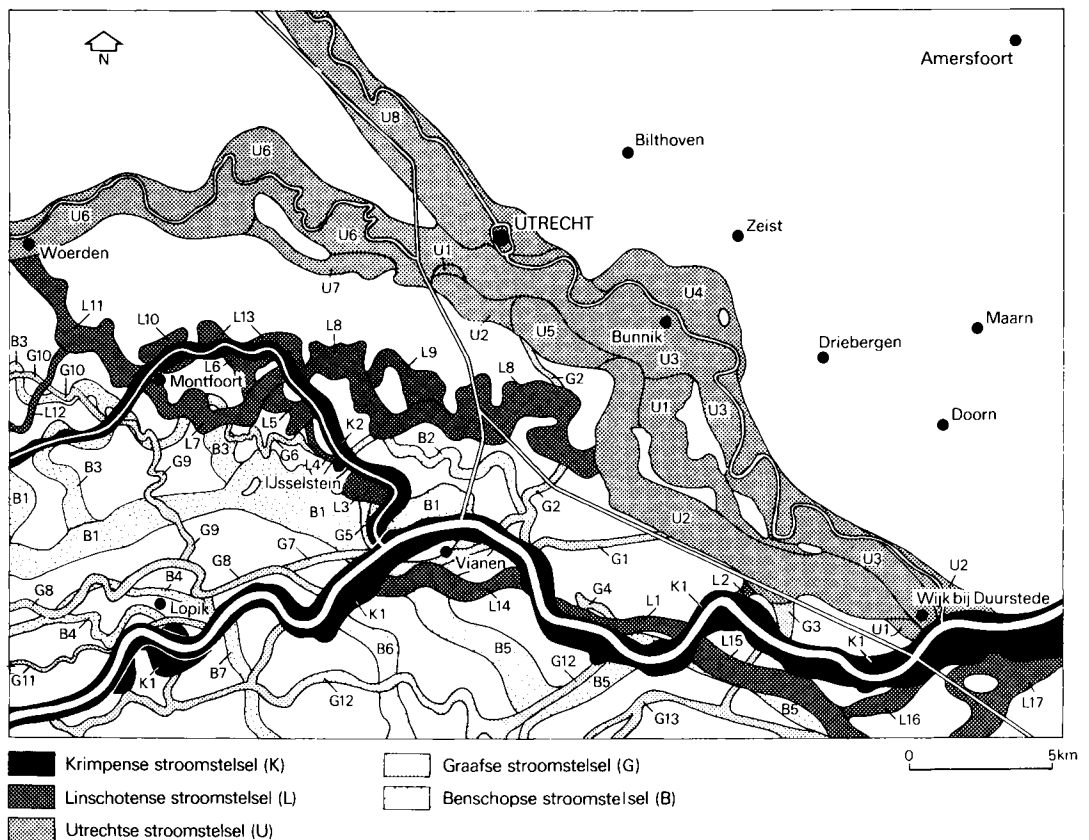
Afb. 5. Verschillende wijzen van rivierverlegging.



namelijk achter op de bodem van de rivierbedding, terwijl bij overstromingen het iets fijnere materiaal (fijn zand, zavel) op de oevers wordt afgezet, vlak naast de rivierbedding. Op grotere afstand van de rivier wordt in vrijwel stilstaand water het fijnste materiaal (klei) afgezet. Zo ontstaan vlak langs de rivier zogenaamde oeverwallen (afb. 6), die bestaan uit zandige klei (zavel). Naarmate de oeverwallen bij de jaarlijks voorkomende overstromingen verder worden opgehoogd, kan het fijne zand de bedding steeds moeilijker verlaten. Dit heeft tot gevolg, dat steeds fijner (kleiiger) materiaal op de oeverwallen wordt afgezet, waardoor in de oeverwallen de korrelgrootte naar boven toe afneemt. Men spreekt dan ook van een aflopend profiel. Bij een grondboring is een oeverwal dus te herkennen aan het feit, dat op grotere diepte steeds zandiger materiaal wordt aangetroffen.

De afzetting van materiaal wordt verder in hoge mate bepaald door de wijze van stromen in de bochten (meanders). In een bocht heeft het water de neiging rechtuit te stromen. Daardoor ligt de grootste stroomsnelheid langs de concave oever, die door de stroming wordt ondergraven. De bocht wordt geleidelijk naar buiten verlegd. Aan de convexe oever wordt gelijktijdig materiaal afgezet. In het diepste deel van de bedding, dat langs de concave oever ligt (afb. 7), bestaat de bodem uit het grofste aanwezige materiaal; naar de convexe oever neemt de korrelgrootte met de diepte af. Naarmate de rivierbedding zich

Afb. 8. Kaartje van de verschillende generaties Holocene stroomgordels in de omgeving van Utrecht.



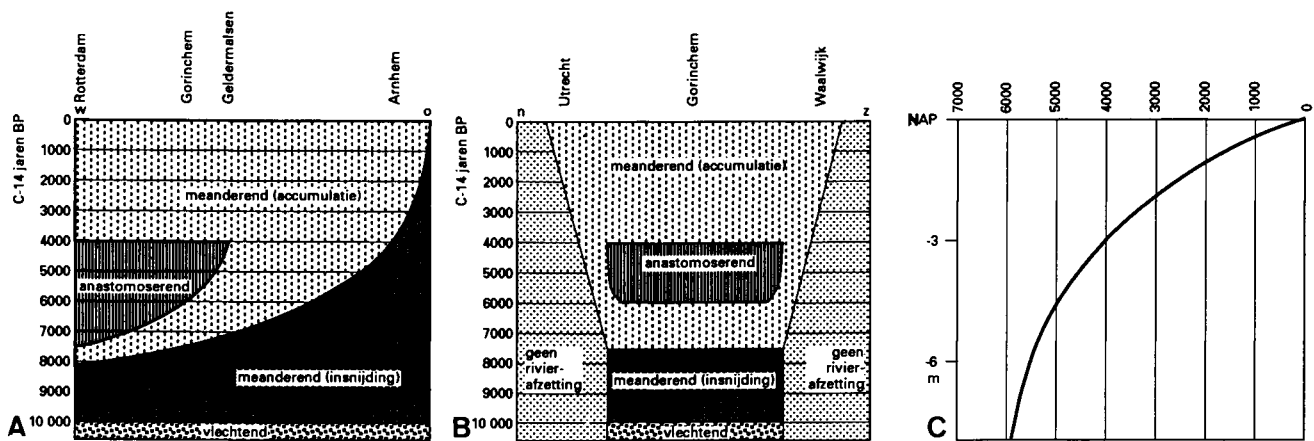
Afb. 6. (Links) Kaartje van een meanderend riviersysteem.

Afb. 7. Doorsnede door een meanderende rivier en geomorfologische terminologie.

verder naar buiten toe verlegt, ontwikkelt zich een zogenaamde kronkelwaard, die geheel bestaat uit beddingafzettingen (zand en grind). Bij hoog water worden daarop oeverwallen opgebouwd.

De kronkelwaard vormt samen met de oeverwallen en de rivierbedding een zogenaamde stroomgordel. Doordat de rivieren zich gedurende het Holoceen in het natuurlijke landschap vaak konden verleggen en een geheel nieuwe loop vormden, is een ingewikkeld netwerk van stroomgordels ontstaan (afb. 8), met daartussen laag gelegen kommen, waarin soms ook veen kon ontstaan.

De oude rivierbeddingen slibden na een stroomgordelverlegging langzaam dicht met klei. Uiteindelijk vond vaak ook veenvorming in de restgeulen plaats. Veen wordt pas gevormd wanneer de waterdiepte minder dan 2 m is geworden. Indien de restgeul opgevuld is met veen, spreekt men van een verlandte restgeul. Soms werden gehele stroomgordels met klei van jongere rivieren bedekt. De stroomgordels die in de laatste 3000 jaar zijn ontstaan, zijn echter nog nauwelijks met jongere afzettingen bedekt



Afb. 9 - A: Schematische voorstelling van het ontstaan van verschillende riviersystemen in West-Nederland in een oost-west doorsnede gedurende het Holoceen.
 B: Schematische voorstelling van het ontstaan van verschillende riviersystemen in West-Nederland in een noord-zuid doorsnede gedurende het Holoceen.
 C: Relatieve zeespiegelstijging in Nederland.
 Horizontale as: ¹⁴C jaren BP; verticale as: diepte - NAP.

Voor het ontstaan van anastomoserende rivieren zijn twee factoren van cruciaal belang: 1) een snelle zeespiegelstijging, en 2) een kleiige of venige ondergrond, waarin zijdelingse erosie beperkt is. Anastomoserende rivieren ontstonden in het centrale deel van het Nederlandse riviereengebied, in de periode van snelle zeespiegelstijging vóór 4000 BP. In het noordelijk en zuidelijk deel van het riviereengebied ligt het gemakkelijk te eroderen Pleistocene zand ondiep, zodat hier geen anastomoserende rivieren zijn ontstaan.

geraakt. Stroomgordels (afb. 7), die in het landschap nog als relatief hoge ruggen zichtbaar zijn, worden stroomruggen genoemd. Soms zijn in een stroomrug nog de resten van de vroegere rivierbedding (de restgeul) te herkennen. Een restgeul is aanmerkelijk smaller dan de vroegere rivierbedding, omdat aan de periode van dichtslibben en verlanden een periode van verzanding voorafgaat, waarbij de rivierbedding smaller en ondieper wordt. Het is niet goed bekend hoe lang een dergelijke periode van verzanding duurt, omdat het niet mogelijk is om de ouderdom van zandige afzettingen in rivierbeddingen te bepalen.

De invloed van de zeespiegelstijging in West-Nederland

De klimaatverandering aan het begin van het Holoceen had tevens tot gevolg, dat het landijs op Scandinavië afsmolt, waardoor de zeespiegel snel steeg. De zeespiegelstijging heeft een belangrijke invloed gehad op de rivieren, vooral in het westen van Nederland. In het begin van het Holoceen was de zeespiegelstand zo laag (afb. 9), dat deze nog geen invloed had op de rivieren in Midden-Nederland. Circa 3000 jaar voor Chr. (5000 jaar geleden) stond de zeespiegel op ongeveer 5 m -NAP. Dit betekent, dat bij (storm)-vloed de rivieren in hun benedenlopen werden opgestuwd door de hoge zeespiegelstand. Dit leidde tot een verlies aan stroomsnelheid en een verhoging van de waterstanden, met als gevolg afzetting van veel (fijn) materiaal. Doordat het grove materiaal het eerst (dus bovenstrooms) werd afgezet, vertonen de stroomgordels een afname van de gemiddelde korrelgrootte in westelijke richting. Het zandlichaam van de stroomgordels wordt ook smaller, terwijl de rivieren minder grote bochten (meanders) maken, omdat de bedding aan alle kanten ingebed ligt in de komklei, waarin de bedding zich slechts langzaam kan verleggen. Doordat de oppervlakte van de kommen in westelijke richting toeneemt, komt er per oppervlakte-eenheid minder klei tot bezinking. Dit wordt echter gecompenseerd door een toename van de veenvorming. Het resultaat is, dat in West-Nederland het Holocene pakket is opgebouwd uit een afwisseling van (dunne) kleilagen en vaak dikke veenlagen. Deze situatie wordt wel beschouwd als kenmerkend voor het zogenaamde perimariene gebied (letterlijk: het gebied rondom de zee), waar de afzettingen zijn gevormd door de rivieren, maar waar de zeespiegelstijging wel een belangrijke invloed heeft gehad. In de Alblasserwaard en in de Lopikerwaard is onder invloed van de zeespiegelstijging zelfs een bijzonder rivierpatroon ontstaan, dat vanwege zijn sterke vertakkingen vroeger wel is beschreven als

een 'longriviersysteem'. Dit rivierpatroon is ontstaan onder invloed van anastomoserende rivieren (Törnqvist 1993). Dit zijn rivieren, die qua patroon lijken op vlechtende rivieren (ze splitsen zich en komen weer bij elkaar), terwijl de afzettingen meer lijken op die van meanderende rivieren: ook bij anastomoserende rivieren treedt een differentiatie op tussen stroomgordel- en komafzettingen. De beddingafzettingen zijn scherp begrensd en de oeverwallen zijn goed ontwikkeld. Kenmerkend is verder, dat bij hoge waterstanden het water met geweld door de oeverwallen heenbreekt, waardoor in de kommen zogenaamde crevasseafzettingen worden gevormd, in een extreem sterk vertakt geulensysteem. Anastomoserende rivieren worden, evenals vlechtende rivieren, gekenmerkt door verscheidene geulen, die onderling zijn verbonden. Deze geulen zijn echter stabiel; ze verplaatsen zich weinig, omdat de oevers van anastomoserende rivieren uit moeilijk erodeerbaar materiaal (klei en veen) bestaan. De geulen zijn smal en diep, terwijl de rivieren betrekkelijk recht zijn (de zogenaamde kronkelfactor is laag). In verband hiermee komen meanderhalsafsnijdingen vrijwel nooit voor. Meanderende rivieren met een kleine kronkelfactor hebben juist een grote breedte/diepte-verhouding. Enkele karakteristieke verschillen tussen de verschillende rivierpatronen zijn samengevat in Tabel 1.

Anastomoserende rivieren komen voor in gebieden met een hoge sedimentatiesnelheid, bijvoorbeeld in dalingsbekkens met een relatief snel stijgende lokale erosiebasis, en in deltagebieden waar de zeespiegel snel stijgt. De stijging van de erosiebasis is er de oorzaak van, dat het verhang van anastomoserende rivieren gering is. Het verhang alléén is echter niet bepalend voor het ontstaan van een anastomoserend patroon, want sommige meanderende rivieren hebben een nog veel geringer verhang (bijvoorbeeld de Amazone). Tussen de rivierarmen liggen grote komgebieden met meren, waarin zich veen kan ontwikkelen ('wetlands').

In Nederland houdt het ontstaan van het anastomoserende rivierenpatroon in de Alblasserwaard en de Lopikerwaard waarschijnlijk verband met de snelle zeespiegelstijging in het Vroeg-Holoceen en het Atlanticum. Nadat de rivierdalen van de zich insnijpende meanderende rivieren waren opgevuld, ontstond al vrij snel een anastomoserend patroon. In het Subboreaal/Subatlanticum, toen de snelheid van de zeespiegelstijging afnam, gingen de rivieren in dit gebied weer over in een meanderend patroon (afb.9).

Tabel I. Kenmerken van verschillende rivierpatronen

Vlechtend	Meanderend	Anastomoserend
Veel onstabiele geulen Zandbanken in de geul Brede gordel geulafz.	Eén sterk sinusvormige geul Kronkelwaardruggen Afgesneden meanders	Veel stabiele, weinig kronkelende geulen Duidelijke oeverwallen Grote 'wetlands'

Het is opmerkelijk, dat zich langs de randen van het rivierengebied (bijvoorbeeld in het Kromme-Rijng gebied en de Bommelerwaard) nooit een anastomoserend rivierpatroon heeft ontwikkeld (afb. 9). Kennelijk was hier de invloed van de ondiep voorkomende, gemakkelijk erodeerbare, zandige Pleistocene ondergrond van doorslaggevend belang, zodat meanderende rivieren hier gedurende het gehele Holoceen bleven bestaan.

Afzettingen die gevormd zijn door de zee, vindt men ten westen van de lijn Dordrecht - Rotterdam - Amsterdam. De vraag is, hoever landinwaarts de indirecte invloed van de zee op de riviersedimentatie (verhoging van de waterstanden onder invloed van de getijden) reikte. Tegenwoordig zijn de rivierwaterstanden veel hoger dan vroeger, omdat de rivieren nu bedijkt zijn, terwijl ze vroeger hun water kwijt konden in uitgestrekte komgebieden. Een nauwkeurig antwoord op deze vraag is dan ook moeilijk te geven en kan verschillen, afhankelijk van waar men naar kijkt. Daar komt bij, dat de zee-involed door het stijgen van de zeespiegel geleidelijk steeds verder landinwaarts merkbaar werd. Indien de afwisseling van klei- en veenlagen als een indicator voor de oostelijke begrenzing van de zee-involed wordt beschouwd, moet deze grens ongeveer liggen bij de lijn Utrecht - Wijk bij Duurstede - Geldermalsen - Zaltbommel. Indien wordt gekeken naar de plaatsen waar tegenwoordig bij laag water in de rivieren nog eb- en vloedwerking is te bespeuren, moet de grens nog verder landinwaarts, bij Wijk bij Duurstede - Tiel - Hedel worden getrokken, maar het is duidelijk, dat laag water niet meer leidt tot sedimentatie. Indien men kijkt naar de plaatsen waar bij de hoogste rivierstanden nog een extra verhoging bij vloed merkbaar is, ligt de grens veel verder naar het westen, ongeveer bij Lopik - Brakel - Heusden. In deze omgeving zijn in het veen inderdaad kleine kreken te vinden die door opstuwing van rivierwater bij vloed moeten zijn gevormd. Overigens is het zo, dat de variaties in rivierstanden veel groter zijn dan de (daarop gesuperponeerde) eb- en vloedwerking: bij Wijk bij Duurstede bijvoorbeeld bedraagt het verschil tussen hoogste hoogwater en laagste laagwater ongeveer 6 meter; alleen bij de laagste waterstanden is een verhoging als gevolg van de vloed merkbaar van circa 0,1 m. Bij Schoonhoven is het verschil tussen hoogste hoogwater en laagste laagwater 5 m, daarvan komt echter een variatie van 2 m voor rekening van eb- en vloedwerking (Berendsen 1982). De verwachting is, dat de zeespiegel in de toekomst nog verder zal stijgen als gevolg van de opwarming van de atmosfeer (broeikas effect). Hoeveel deze stijging precies zal bedragen is op grond van onze huidige kennis nog moeilijk te zeggen. De schattingen liggen in de orde van grootte van 50 cm voor de tweede helft van de volgende eeuw. De zeespiegelstijging zal echter zeker tot gevolg hebben, dat de waterstanden in de benedenlopen van de rivieren hoger zullen oplopen. Dit is een punt waar rekening mee moet worden gehouden in verband met de discussie over dijkverhogingen.

De invloed van de mens

Het rivierengebied is al tenminste vanaf het Neolithicum (6400 - 3650 jaar geleden) bewoond. De plaatsen, die het eerst bewoond werden waren de rivierduinen en de grote, relatief hooggelegen stroomgordels. De mensen uit deze tijd waren boeren, die vrij veel varkens, maar ook schapen en geiten hielden. De varkens werden gehouden in de toenmalige oeverwalbossen in het rivierengebied. Ook vond reeds enige akkerbouw plaats.

In de Bronstijd (1800 - 700 v Chr.) was de agrarische bedrijfsvoering al wat verder ontwikkeld; er werd bijvoorbeeld bemesting toegepast, akkers werden omheind met hekken, en het rundvee werd 's winters op stal gezet.

Vooraf uit de Romeinse tijd (50 v Chr. - 400 na Chr.) zijn vele bewoningsplaatsen bekend. De invloed van de mens op het landschap bleef echter toch relatief gering tot in de Late Middeleeuwen, toen de rivieren bedijkt werden en het rivierengebied op grote schaal werd ontgonnen.

Ontginning

Tot in de 10e eeuw lagen de (hoofdzakelijk agrarische) nederzettingen uitsluitend op de hooggelegen stroomruggen. De stroomruggen zijn voor de landbouw de meest geschikte gronden. Omdat de bodem er op enige diepte meestal uit zand bestaat kan overtollig water gemakkelijk wegzakken, terwijl in tijden van droogte het water gemakkelijk capillair kan opstijgen. De bovengrond is gemakkelijk bewerkbaar en bestaat uit kalkrijke (lichte) klei. Het is dan ook geen wonder dat juist deze gronden het eerst voor de landbouw in gebruik werden genomen. Men vindt er blok-vormige percelen met een onregelmatige vorm. Dit wijst op een vroege verkaveling: men kon nog zoveel grond in bezit nemen als men wenste, en er waren nog geen regels waaraan men zich diende te houden.

Op de laaggelegen grote riviervlakten tussen de rivierarmen in werd oorspronkelijk bij elke overstroming een dun laagje zware klei afgezet. Deze vlakten hebben een enigszins holle ligging en worden daarom kommen genoemd. De klei in de kommen is kalkloos. De afwatering was er van nature slecht, waardoor ze voor het grootste deel begroeid raakten met riet, elzen en berken. Dit leidde, vooral in het westen, vaak tot de vorming van veen, waarin thans nog de resten van deze planten kunnen worden herkend.

De ontginning van de venige komgebieden vond plaats door het graven van weteringen met dwarssloten. Het (moeras)bos werd gekapt en de kommen werden in gebruik genomen door de landbouw. De lage komgebieden bleven echter nog eeuwenlang te nat, waardoor de gronden eigenlijk alleen geschikt waren voor hooiland. Alleen in West-Nederland kon in hoogveengebieden, die ver buiten de invloedssfeer van de rivieren waren ontstaan, gedurende korte tijd akkerbouw op het veen worden uitgeoefend. Door de ontwatering van het veen trad echter al snel een daling van het maaiveld op (inklinking), zodat de grondwaterstand weer relatief dicht onder het maaiveld kwam te staan. De gronden werden hierdoor spoedig weer te nat voor akkerbouw.

In het veengebied van West-Nederland was ten tijde van de ontginning (1100 - 1300) het land in bezit van de Graaf van Holland en de Bisschop van Utrecht. Deze gaven de wildernis voor systematische ontginning uit aan groepen kolonisten. Deze ontginningen, die bekend staan als cope-ontginningen hebben het karakteristieke verkavelingspatroon opgeleverd, dat nu nog het West-Nederlandse veengebied beheerst. Vele namen herinneren aan de cope-ontginningen, bijvoorbeeld Heycop, Gerverscop, Benschop, Willekop, Reyerscop. De ontginning vond plaats vanuit een ontginningsbasis (een weg op een stroomrug, rivier(dijk) of gegraven wetering), vanwaar een bepaalde diepte, meestal ongeveer 1250 m, werd uitgezet. De kavels kregen een breedte van circa 113 m, zodat de oppervlakte per kavel 16 "morgen" (ongeveer 14 hectare) bedroeg. Dit was destijds voldoende voor een gezinsbedrijf. De boerderijen werden gebouwd

op de kavels langs de ontginningsbasis, waardoor zeer lang-gerekte dorpen ontstonden, zoals Benschop. De kavels zijn begrensd door sloten, welke steeds loodrecht staan op de tevoren gegraven weteringen, die als ontginningsbasis dienst deden. De woeste grond werd door de bewoners zelf in cultuur gebracht. De kolonisten kregen het vrijwel onbeperkte gebruiksrecht, en waren slechts een symbolisch bedrag verschuldigd aan de bisschop, als erkenning van diens gezag.

Een mooi voorbeeld van cope-ontginningen vindt men in de Lopikerwaard bij Lopik, waar de ontginning heeft plaatsgehad vanuit de Lopikerwetering. De bochten in de wetering worden in noordelijke richting driemaal herhaald in het verkavelingspatroon. De weteringen werden door "vlieten" verbonden met de rivier, waar overtollig water geloosd werd. Tot 1450 vond deze lozing op "natuurlijke" wijze (dat wil zeggen door middel van uitwaterings-sluizen) plaats. Door de wateronttrekking trad echter inklinking op, zodat omstreeks 1450 de uitwatering niet meer op natuurlijke wijze kon plaatsvinden, en bemaling met windmolens noodzakelijk werd. Betere ontwatering leidde steeds opnieuw tot verdergaande inklinking, zodat men eind 16e - begin 17e eeuw over moest gaan op tweetraps-bemaling (twee molens achter elkaar). Na 1870 kwamen de stoomgemalen in gebruik. Inmiddels zijn deze allemaal vervangen door elektrische gemalen.

In het oostelijk riviereengebied hebben de percelen in de komgebieden van oorsprong ook een langgerekte vorm (door de ruilverkaveling is hierin overigens vaak verandering gekomen), maar de verkaveling is minder systematisch dan die van de cope-ontginningen in het westen van Utrecht en in Zuid-Holland. Boerderijen werden in de komgebieden in het oosten vaak pas in de 20e eeuw gebouwd.

Bedijking

Rond 1000 na Chr. werden de eerste kaden en rivierdijken aangelegd. De eerste kaden lagen waarschijnlijk niet evenwijdig aan de rivieren, maar ze omgrenden een dorpsgebied, inclusief de daarbij behorende landbouwgronden. Zo ontstonden de zogenaamde dorpspolders die, bijvoorbeeld in de Bommelerwaard, in het Land van Maas en Waal en in de Betuwe, als waterstaatkundige eenheden tot het midden van de 20e eeuw zijn blijven bestaan.

Rond 1300 was de bedijking van de grote rivieren voltooid. Sindsdien zijn de dijken geleidelijk steeds verder opgehoogd, waardoor ze soms zeer steil zijn geworden. Dergelijke steile dijken zijn bij hoog water instabiel; dit is een van de redenen waarom de dijken thans vrijwel overal 'verzwaard' worden (afb. 10).

Terpen

Na de bedijking waren overstromingen meestal catastrofaler dan daarvoor: de waterstanden in de rivieren liepen hoger op, omdat

het water niet meer over een grote overstromingsvlakte werd verdeeld. Om zich te beschermen tegen hoge waterstanden bij doorbraken van de kaden en dijken werden overal in het rivierengebied, vooral in de periode 1400 - 1600, "opgehoogde woonplaatsen" (woerden, worden) gebouwd. Deze zijn te vergelijken met de Friese terpen, alleen werden de terpen in Friesland al vóór de bedijking aangelegd.

In de Bommelerwaard vindt men daarnaast in enkele dorpen een 'vluchtheuvel', die is opgeworpen na de laatste overstroming van de Bommelerwaard in 1861. De vluchtheuvels dienden als vluchtplaats voor de bevolking en het vee, in het geval er opnieuw een dijkdoorbraak zou plaatsvinden. Ze zijn echter nooit als zodanig gebruikt.

Dijkdoorbraken en uiterwaarden

Het gevolg van de bedijking rond 1300 was dus, dat de rivierstanden in de uiterwaarden hoger opliepen; het water kon immers niet meer afstromen door de komgebieden. Omdat in het begin de dijken nog niet zo hoog waren, en alleen matig hoge waterstanden konden keren, ontstond al spoedig een strijd om de hoogste dijken: wie de hoogste dijken had, bleef gevrijwaard van overstromingen. Dit leidde weer tot een verdere verhoging van de waterstanden. Als gevolg hiervan werd de kans op dijkdoorbraken steeds groter. Deze kwamen dan ook veelvuldig voor, vooral op plaatsen waar de dijken oude stroomgordels kruisen. De zandige ondergrond laat hier veel kwelwater door, waardoor de dijken ondermijnd kunnen worden. Bij een dijkdoorbraak wordt door het binnenstromende water een uitkolkingsgat ('wiel' of 'waai') gevormd. Deze kolkaten kunnen oorspronkelijk tot meer dan 10 m diep zijn. Doordat het omgevende zand geleidelijk in het meertje vloeit wordt dit weer ondieper. Metingen aan een recent gevormd wiel hebben aangetoond dat in enige jaren de begindiepte van 12 tot 4 m kan teruglopen. In het laatste stadium kunnen ze dichtgroeien en opgevuld worden met veen. Achter het wiel wordt materiaal uit het wiel afgezet, in een waaier van zogenaamde dijkdoorbraakafzettingen. Men spreekt ook wel van overslagen. De overslagen bestaan meestal uit een zandig dek, op een ondergrond van stroomrug of kom. De overslagen zijn bijzonder geschikt voor de tuinbouw, omdat het zandige dek in het voorjaar snel warmte opneemt, terwijl de ondergrond meestal toch voldoende vochthoudend is.

Het materiaal, waarmee de dijken vanouds werden opgehoogd, was uit de directe omgeving afkomstig. Vaak ziet men langs de dijk lage plekken (kleiputten), waaruit het materiaal voor de dijk is weggegraven. De samenstelling van de dijken verandert van oost naar west dan ook geleidelijk. Deze verandering hangt samen met de in westelijke richting afnemende korrelgrootte van de rivierafzettingen. Tegenwoordig worden bij de dijkverzwaring uniforme eisen gesteld aan de te gebruiken materialen, die vaak over grote afstanden worden aangevoerd. Dit heeft wel nadelige gevolgen voor de vaak bijzondere planten, die op de dijkhellingen voorkomen.

Een bijzondere vorm van dijken zijn de zogenaamde dwarsdijken. Voorbeelden hiervan zijn de Diefdijk (bij Schoonrewoerd), de Aalsdijk (bij Buren), en de Meidijk (bij Zuilichem). In het algemeen werden dwarsdijken aangelegd om de westelijk gelegen polders te beschermen tegen overstromingswater uit het oosten. Alleen de Meidijk vormt hierop een uitzondering; deze was juist bedoeld om binnenstromen van het water vanuit het westen tegen te gaan. Ook de dwarsdijken waren echter niet altijd in staat het water te keren: langs deze dijken komen eveneens wielen en overslagen voor. Langs de Diefdijk bij Schoonrewoerd ligt zelfs het grootste wiel van Nederland (het Wiel van Bassa). Dit wiel is ontstaan bij een doorbraak van de Diefdijk in de 16e eeuw. Het is ruim 13 ha groot en tot 10 m diep.



Afb. 10. Dijkverzwaring bij de Hurwenense Kil, Bommelerwaard.

Afb. 11. Strang in de uiterwaard bij Hurwenen.

Er moet rond 400.000 m³ materiaal uitgespoeld zijn, dat als een waaier met een vervolgbaar oppervlak van 150 tot 200 ha achter het wiel is afgezet. De maximale dikte van dit sediment, dicht achter het wiel, bedraagt 75 cm.

Door de bedijking van de grote rivieren kwam er een einde aan de natuurlijke ontwikkeling van het stroomruggen- en kommen-landschap. De rivieren konden zich nu niet meer verleggen en de afzetting van materiaal vond uitsluitend nog plaats in de uiterwaarden. Oorspronkelijk waren de bedijkte rivieren breed en ondiep, en er was nauwelijks sprake van uiterwaarden. Gebleken is, dat de rivierbeddingen door toedoen van de mens (aanleg van kribben) steeds smaller zijn geworden. Reeds lang vóór de systematische aanleg van kribben (bij de normalisatie van de rivieren in het midden van de 19e eeuw) werd tussen primitieve voorlopers van deze kribben land aangewonnen, dat als gevolg van de veelvuldige hoge waterstanden hoog op slibde. Dit was in feite ongunstig voor het waterbergend vermogen van de uiterwaarden. Bij de Lek bedraagt het hoogteverschil tussen de uiterwaarden en het binnendijkse land vaak meer dan 2 m, plaatselijk zelfs 4 m! Door het afgraven van klei ten behoeve van de steenfabrieken is het hoogteverschil echter vaak weer kleiner geworden, waardoor ook het waterbergend vermogen weer toenam. In recente tijd zijn in de uiterwaarden op veel plaatsen grote en vaak zeer diepe plassen ontstaan, als gevolg van het zuigen van zand ten behoeve van de wegenbouw. De druk die door ontgroningen, maar daarnaast ook door landbouw, recreatie en natuurbehoud op de uiterwaarden wordt uitgeoefend, heeft de Provincie Gelderland ertoe gebracht om goedkeuring te hechten aan een plan om binnendijks op grote schaal zand te gaan winnen in het Land van Maas en Waal. Hieruit blijkt helaas weer dat een evenwichtig politiek beleid met betrekking tot de belangen van natuur en landschap nog geen vanzelfsprekende zaak is.

Tegenwoordig staan de uiterwaarden sterk in de belangstelling, vooral vanuit het oogpunt van natuurbehoud. In de eerste plaats is er in de afgelopen jaren verzet gerezen tegen al te rigoreuze dijkverzwaringen (afb. 10). Hoewel de noodzaak van verbetering van de dijken vrij algemeen wordt erkend, is de manier waarop de dijkverzwaring werd aangepakt sterk bekritiseerd. Daarbij ging het vooral om de rigoreuze wijze van aanpak waardoor natuur en landschap sterk werden aangetast, en vele cultuurhistorisch interessante objecten (dijkhuisjes e.d.) moesten worden verwijderd. De dijkverzwaring bij Brakel in de Bommelerwaard is wat dat betreft voor velen een berucht voorbeeld geworden. In 1992 is de dijkverzwaring opnieuw aan een kritische beschouwing onderworpen door de Commissie Boertien. Deze commissie heeft een evenwichtig rapport uitgebracht, waardoor het mogelijk wordt om in de toekomst natuur en landschap beter te ontzien, en toch voldoende waarborgen te bieden voor de veiligheid van de dijken. Voor het verkrijgen van voldoende veiligheid is het in vele gevallen belangrijker om de dijken te verbreden, dan om ze te verhogen. Te smalle dijken zijn namelijk onvoldoende in staat om een grote waterdruk (en sterke kwel) zonder problemen te doorstaan. Door meer gebruik te maken van zogenaamde 'uitgekiende ontwerpen' kan echter in sommige (niet in alle) gevallen de kwel onder de dijken door worden beperkt, waardoor al te rigoreuze ingrepen achterwege kunnen blijven. Het is daarom verheugend, dat het rapport van de Commissie Boertien brede steun heeft gekregen, en dat men zich niet uitsluitend heeft laten leiden door de hogere kosten die de voorgestelde maatregelen met zich mee brengen.

Ook zijn er plannen gemaakt om te proberen de natuurlijke flora en fauna op sommige plaatsen terug te krijgen (Plan Ooievaar). Daarvoor worden op enkele plaatsen de zomerkaden doorgestoken, om een meer natuurlijk overstromingsregime te herstellen. Uiteindelijk blijven echter de belangen van de scheepvaart voorop staan.



Recent zijn er plannen gemaakt om klei- en zandwinning in de uiterwaarden (vooral van de Maas) te combineren met het uitdiepen van oude restgeulen, om zo een meer natuurlijke situatie te creëren. In de uiterwaarden zijn namelijk vaak nog verlaten rivierbeddingen (zogenaamde strangen) te herkennen (afb. 11). Soms komt dit, doordat een oude rivierbocht door de mens werd afgesneden. Voorbeelden hiervan zijn de Hurwenense Kil (ten oosten van Zaltbommel), de Bovenkil (bij Brakel), de Roodvoetmeander bij Wijk bij Duurstede, en de grote rivierbocht bij Alem.

In andere gevallen is er sprake van zogenaamde 'nevengeulen'. In tegenstelling tot de opvatting die in sommige kleurrijke recente publikaties is verkondigd, zijn nevengeulen geen overblijfselen van een vlechtend riviersysteem. Het zijn evenmin geulen die gedurende lange tijd hebben bestaan naast de hoofdstroom. Uit een recent onderzoek is gebleken, dat nevengeulen in het verleden ontstonden, doordat een eiland in de rivier naar de convexe oever 'wandelde', waardoor gedurende enige tijd een kleine geul naast de hoofdstroom bleef bestaan. De nevengeulen verzandden aan hun boveinde meestal binnen enkele tientallen jaren (al dan niet geholpen door menselijke ingrepen). Daarna slibden ze dicht en verlandden ze geleidelijk, in de loop van enkele eeuwen. De indruk die in recente publikaties is gewekt, alsof nevengeulen natuurlijke, min of meer permanente geulen naast de hoofdstroom waren, is dus onjuist (Middelkoop et al. 1992). Het uitdiepen van nevengeulen kan vanuit landschappelijk oogpunt zeker interessante perspectieven bieden, maar een terugkeer naar een situatie die vroeger heeft bestaan is het niet.

Tenslotte komen er in de uiterwaarden ook rivierduintjes voor, die vanuit het oogpunt van natuurbescherming aandacht verdienen. Het bekendste rivierduin is dat van Millingen, maar ook bij Beneden-Leeuwen en op andere plaatsen langs de Waal en sporadisch ook langs de Lek worden duintjes aangetroffen. Dit zijn rivierduinen die niets te maken hebben met de hierboven besproken Pleistocene rivierduinen. Het zijn duintjes die in de afgelopen decennia zijn opgewaaid vanaf het strand van de grote rivieren. De stroming in de rivieren zorgt ervoor dat zand naar de convexe oever ('de binnenbocht') wordt getransporteerd. Indien het strand voldoende vlak is, en een ZW-NO oriëntatie heeft, heeft de wind voldoende strijklengte om te kunnen zorgen voor duinvorming. Gebleken is, dat de duinen in enkele tientallen jaren enkele meters hoog kunnen worden. In het verleden werden de duintjes vaak afgegraven voor zandwinning, of omdat men (ten onrechte) meende, dat ze een belemmering zouden kunnen gaan vormen voor de scheepvaart (Isarin & Berendsen 1992).

Veranderingen aan de rivieren

Veranderingen aan de rivieren zelf zijn op bescheiden schaal al uitgevoerd in de Romeinse tijd. Na de bedijking heeft de mens echter op grote schaal in de natuurlijke loop van de rivieren ingegrepen.

Alleen de belangrijkste ingrepen kunnen worden genoemd:

- Bochtafsnijdingen. Enkele voorbeelden zijn de bochtafsnijdingen van de Maas in 1460 (bij Heusden), van de Waal in 1639 (Hurwenen), van de Nederrijn bij Wijk bij Duurstede (Roodvoetmeander) aan het eind van de vorige eeuw, en van de Maas-meander bij Alem (1930-1940).
- Afdamming. Voorbeelden zijn de afdamming van de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede in 1122, en de Hollandse IJssel bij Vreeswijk in 1285.
- Uitbaggen van de rivieren. Dit is in de loop van de geschiedenis vele malen gebeurd. Bekend is, dat de Hollandse IJssel al in 1485 moest worden uitgediept.
- Aanleg van kribben en strekdammen. In de Nederrijn-Lek en in de Waal vond de aanleg van kribben en strekdammen plaats in de 19e eeuw. Het doel hiervan was, de rivier vast te leggen en op diepte te houden. De grote rivieren zijn thans veel dieper dan ten tijde van de bedijking.
- Aanleg van stuwen en sluizen. In de Nederrijn-Lek zijn drie grote stuwen aangelegd om de rivier bij laag water bevaarbaar te houden, en om meer water door de Gelderse IJssel te laten stromen. Ze liggen bij Driel, Maurik en Hagestein. Ook in de Maas zijn stuwen aangebracht.
- Aanleg van een stormvloedkering bij Krimpen aan de IJssel, waardoor extreem hoge vloedstanden op de Hollandse IJssel kunnen worden vermeden.
- Aanleg van kanalen tussen de rivieren, om betere scheepvaartverbindingen te verkrijgen. Bijvoorbeeld: de Vaartsche Rijn (1148-1373), de Leidsche Rijn (1385-1665), het oude kanaal van St. Andries (1599), het Pannerdens kanaal (1701-1707), het Merwedekanaal (1881-1893), het Maas-Waalkanaal (1927) en het Amsterdam-Rijnkanaal (1933-1954).

Landgebruik

Het landgebruik in het rivierengebied was vanaf het begin sterk aangepast aan de natuurlijke omstandigheden. Tuinbouw en akkerbouw kwamen uitsluitend voor op de stroomruggen, griend (wilgen- en elzenhakhout) in de kommen. Grasland kwam zowel op de stroomruggen als in de kommen voor. Tuinbouw en akkerbouw zijn sinds de vorige eeuw sterk achteruitgegaan ten gunste van de hoeveelheid grasland. Sinds het begin van de 20e eeuw is het fruitteelt-areal sterk toegenomen. Onder invloed van economische factoren is het de laatste 10-20 jaar echter weer afgenomen. Vele hoogstamboomgaarden zijn bovendien vervangen door laagstamboomgaarden in verband met de hoge plukkosten. In de uiterwaarden is sinds de vorige eeuw vooral de hoeveelheid griend sterk afgenomen. Op vele plaatsen in de uiterwaarden zijn de restanten van de vroegere griendcultures nog te zien aan het hobbelige reliëf van de zogenaamde spekdammen, waarop vroeger de jonge wilgen werden geplant.

Sinds het begin van de 20e eeuw is de hoeveelheid bebouwd gebied sterk toegenomen. De technologische ontwikkeling heeft ertoe geleid dat het ingrijpen van de mens steeds minder werd aangepast aan de natuurlijke omstandigheden. Een zo goed mogelijke aanpassing aan de natuurlijke verschillen in het landschap is echter niet alleen van groot belang voor het welzijn van plant, dier en mens, maar is meestal ook kostenbesparend.

LITERATUUR

- Berendsen, H.J.A. (1982), De genese van het landschap in het zuiden van de provincie Utrecht, een fysisch-geografische studie. Dissertatie, Utrechtse Geografische Studies 25: 256 pp.
- Berendsen, H.J.A. Red. (1986), Het landschap van de Bommelerwaard. With summary in English. Nederlandse Geografische Studies 10, 184 pp.
- Berendsen, H.J.A., W.Z. Hoek & E.A. Schorn (in press 1993), Late Weichselian and Holocene river channel changes of the rivers Rhine and Meuse in the central Netherlands (Land van Maas en Waal). Paläoklimaforschung. Workshop European Science Foundation, Oct. 15-17, 1992, Amsterdam, The Netherlands.
- Isarin, R. & H.J.A. Berendsen (1992), Rivierduinen in de Nederlandse uiterwaarden. Rapport GEOPRO 1992.09. Tevens EHR rapport.
- Middelkoop, H.N.J. van den Berg, E.L.J.H. Faessen, & H.J.A. Berendsen (1992), De morfodynamiek van nevengeulen van de Waal: een historisch overzicht. Rapport GEOPRO 1992.08, 24 pp., 26 bijlagen.
- Pons, L.J. (1957), De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen. Dissertatie Wageningen. Versl. Landbouwk. Ond. 63.11.
- Törnqvist, T.E. (1993 in press), Subrecent alternation of meandering and anastomosing fluvial systems in the Rhine-Meuse delta (central Netherlands) controlled by sea-level rise and subsoil erodibility. *Journal of Sedimentary Petrology*.
- Verbraeck, A. (1970), Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, blad Gorinchem Oost (38 O). Haarlem, Rijks Geologische Dienst.
- Verbraeck, (1984), Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland, schaal 1:50.000, bladen Tiel West (39W) en Tiel Oost (39O). Haarlem, Rijks Geologische Dienst.
- Verbraeck, A. (1990), De Rijn aan het einde van de laatste ijstijd: de vorming van de jongste afzettingen van de Formatie van Kreftenheye. *KNAG, Geografisch Tijdschrift XXIV (4): 328-339*.

*) Dr. H.J.A. Berendsen, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Rijksuniversiteit Utrecht.

Zuid-Wales, een geologische excursie

door W.H. Südkamp en J.B.A. Kobesen

Jaarlijks ondernemen wij (geoloog Hans Kobesen en amateur-geologen Wouter Südkamp en Wim Zondag) een geologische reis naar een interessant gebied. In 1992 besloten wij naar Zuid-Wales te gaan. In het hier volgende verslag wordt iets verteld over de geologie van Wales en over de bezochte vindplaatsen. Deze leverden interessante indrukken op geologisch gebied en aardige vondsten van fossielen op.

De algemene geologie van Wales

De geologie van Wales en zijn geologische geschiedenis zijn nauw verweven met die van Engeland. Toch is de geologie in Wales en Engeland zeer divers. De geologische situatie kan qua structuur en plooiingsfasen in grote lijnen als volgt worden weergegeven (zie afb. 1). Van het midden van Zuid-Wales via de Welsh Borderlands en de Engelse