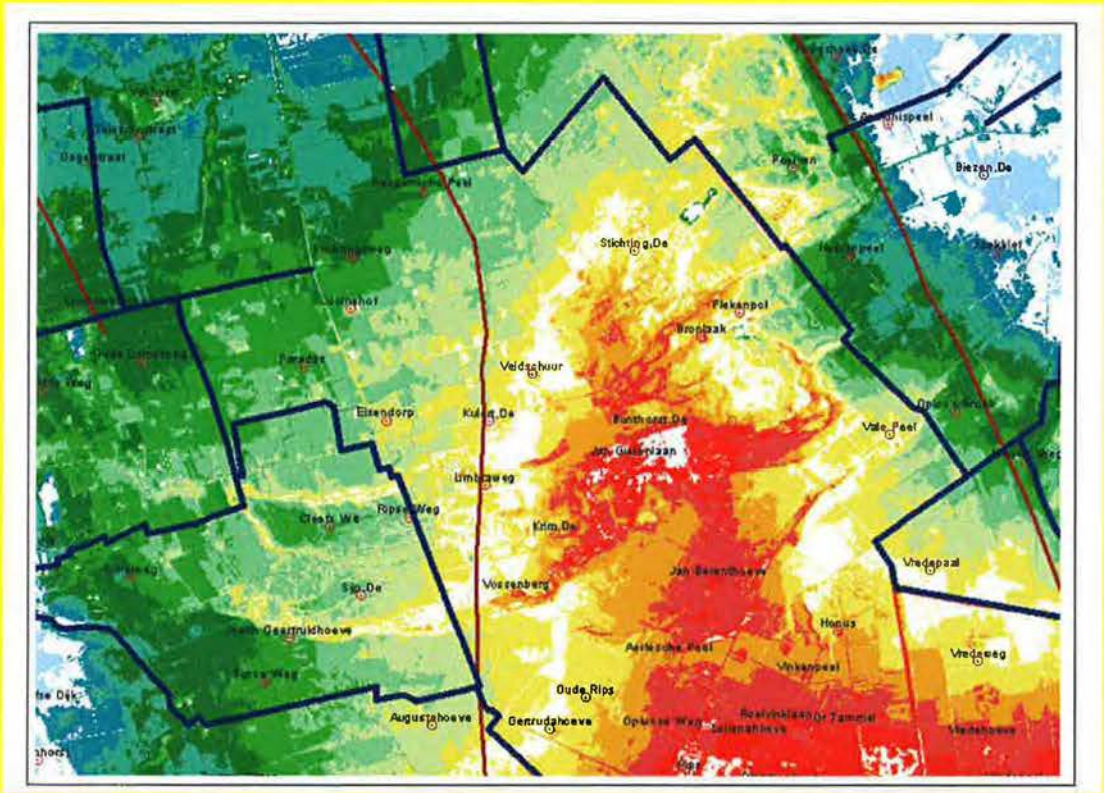
1300-113

Landschapsecohydrologische Structuurkaart Noord-Brabant

Deel II: Landschapsecologie



Provincie Noord-Brabant

2004

dienst landelijk gebied
voor ontwikkeling en beheer

RuG

Rijksuniversiteit Groningen

Provincie Noord-Brabant
Gedelegeerd opdrachtgever:
Hoofd van de Afdeling Water
Mw. Drs. C.G.M. Klitsie

Dienst Landelijk Gebied
Opdrachtnemer:
Accountmanager
Mw. Ir. C. van den Hoek.

Provincie Noord-Brabant

dienst landelijk gebied
voor ontwikkeling en beheer

Auteurs:

Drs. G.J. Baaijens

Dr. P.C. van der Molen

RuG
Rijksuniversiteit Groningen

dienst landelijk gebied
voor ontwikkeling en beheer

Datum: 15/07/2004

© Dit door Dienst Landelijk Gebied verstrekte stuk en de bijbehorende bestanden, etc. zijn uitsluitend bestemd voor de opdrachtgever, en mag niet door hem, zonder voorafgaande toestemming van Dienst Landelijk Gebied worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt, of ter kennis van derden worden gebracht, tenzij uit de aard van de verstrekte stukken anders voortvloeit.

Dienst Landelijk Gebied behoudt het recht de door de uitvoering van de werkzaamheden toegenomen kennis voor andere doeleinden te gebruiken, voorzover hierbij geen vertrouwelijke informatie te kennis van derden wordt gebracht.

INHOUD blz.

1 Ten geleide 1

2 Inleiding 2

3 Methodiek 3

3.1 Aanleiding 3
3.2 Opdracht, uitgangspunten en producten 6
3.3 Het opstellen van de kaart en de lagenbenadering. 8
3.4 Actueel Hoogtebestand Nederland 10
3.5 De Landschapsecohydrologische Structuurkaart 13

4 De ondergrond van Brabant 15

4.1 Achtergronden van de geo(morfo)logie 15
4.2 De hoogtekaart 16
4.3 De vereenvoudigde geologische kaart 16
4.4 Algemene geologische geschiedenis van de Centrale Slenk. 17
Breuken 17
Centrale Slenk 19
4.5 Zoet-zout scheidingsvlak 22
4.6 Dekzandstructuren 23
4.7 Holoceen 26

5 Landschapsecologie 28

5.1 Inleiding. 28
5.2 Vormen in het landschap 31

6 Catalogus landschapsvormen 36

6.1 Inleiding 36
6.2 Meanderende dekzandruggen 42
6.3 Breuken en daarmee verbonden dekzandvormen 56
6.4 Kwelkraters 59
6.5 Geïsoleerde kwelkoppen 84
6.6 Deltavormen 88
6.7 Meerbodems 91
6.8 Terugschrijdende erosie 97
6.9 Beekdalen en bevloeiingsstelsels 100
6.10 Fossiele beekstelsels 124
6.11 Huidige riviersystemen 129
6.12 De zee 136
6.13 Wijstgronden 142

7 Een rondgang door Brabant 148

7.1 Inleiding 148
7.2 Ontstaansgeschiedenis van Brabant 150

7.3 West Brabant 151
7.4 De Centrale Slenk en Peelhorst 155

8 Nawoord 158

9 BIJLAGE: Begrippenlijst 159

"Zeker zijn wij geen pleitbezorgers voor een onaflosbare hypotheek van het verleden op het heden. We menen daarentegen, dat het goed is, zich bewust te worden van de functie der historische processen ten opzichte der hedendaagse feiten; te beseffen wáár het verleden het heden draagt en schraagt, wáár het drukt en knelt. Detailstudie kan en moet op die vragen telkens in het bijzonder antwoord geven. Maar geen doelmatige detailstudie zonder een aanvaardbaar fonds van algemene noties. Tot het kader daarvan hopen we hier een bijdrage te leveren."

(S.J. Fockema Andreae (1952): Overzicht van de Nederlandse waterschapsgeschiedenis. Studiën over waterschapsgeschiedenis VIII. Leiden, p. 2.)

1 Ten geleide

De zoek- en reserveringsgebieden voor waterberging in de Provincie Noord-Brabant zijn opgenomen in het Integraal Hydrologisch Streefbeeld. De Landschapsecohydrologische Structuurkaart biedt een provinciedekkend structuurbeeld van de landschappelijke en ecohydrologische relaties. De LES-kaart geeft een interpretatie van dit structuurbeeld gericht op het identificeren van kansrijke gebieden voor het bergen-, retentie- en vasthouden van water ter voorkoming van regionale wateroverlast, en voor natuurpotenties en ondersteunt op deze wijze de waterschappen bij het nader concretiseren hiervan. De kaart maakt geen keuzen daarin, maar ondersteunt het afwegingsproces.

De LES-kaart is een studie op hoofdlijnen en beperkt zich tot de schaal 1:50.000. Over vragen op een meer gedetailleerd niveau doet het de kaart geen uitspraken. Dergelijke vragen vereisen beslist nadere studies, waarbij gegevens en veronderstellingen -gegenereerd achter het bureau- getoetst moeten worden in het veld.

Voor het maken van de Landschapsecohydrologische Structuurkaart is zeer veel gebruikt gemaakt van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) voor beschrijving van landschapsvormen en de interpretatie van hun functioneren. Daarnaast is gebruik gemaakt van vele bodemkaarten, de geologische en geomorfologische kaarten, historische kaarten, luchtfoto's en hydrologische- en vegetatiegegevens - zowel digitaal als analoog. In ArcView zijn deze gegevens gecombineerd tot één kaartbeeld: de Landschapsecohydrologische Structuurkaart. In de kaart zijn verschillende legenda-eenheden opgenomen:

- WATER VASTHOUDEN - in inzijggebieden en haarvaten vasthouden van water in het bodemprofiel. Voorkomen dat het snel wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater systeem.
- KWELPOTENTIES - locaties voor kwelafhankelijke en veenvormende vegetaties met hoge natuurwaarden.
- WATER BERGING - tijdelijk opslaan van gebiedsvreemd stromend water. Water overstroomt gereserveerde gebieden.
- WATER RETENTIE - langdurige inundatie, tot op het maaiveld, van natuurlijke laagten met niet stromend gebiedseigen water. Functie deels vergelijkbaar met KWELPOTENTIES.

Dit rapport geeft een inleiding op de kaart en de wijze waarop men de kaart moet lezen en gebruiken. Het tweede rapport geeft een aanzet tot een beschrijving van de landschapsecologische opbouw van Brabant en tevens worden daar ook de verschillende landschapsvormen in beschreven die in de provincie zijn aangetroffen. Hiermee kan de gebruiker zelf naar het Brabantse landschap gaan kijken en toetsbare veronderstellingen genereren over de opbouw en het functioneren van het landschap. Er zit een kleine mate van overlap tussen beide rapporten. In dit tweede rapport zijn alle literatuurreferenties volledig opgenomen.

2 Inleiding

In het kader van het Regerings- en Provinciaal beleid moeten gebieden worden aangewezen voor regionale waterberging. Naast waterberging, spelen uiteraard ook andere aspecten als natuurpotenties; waterconservering; en retentie een belangrijke rol. Door de grote druk op de ruimte in het landelijk gebied -er moeten veel functies tegelijkertijd op dezelfde ruimte een plaatsje hebben- moeten er keuzen worden gemaakt. Sommige functies zijn verenigbaar, sommige deels of geheel niet. Bij het maken van keuzen en het plaatsen van functies is een goed begrip van het functioneren van het landschappelijk systeem van belang. Immers alleen op die basis kunnen duurzame oplossingen worden gevonden, die de aard en veerkracht van het systeem niet (verder) aantasten.

Er was daarom in de praktijk behoefte aan een manier om met redelijk eenvoudige hulpmiddelen inzicht te krijgen in het landschapsecologisch systeem. Tevens moest dat ook kunnen op bijna elke gewenste schaal, op elke gewenste locatie en op elk moment. Met de komst van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is door samenwerking tussen de Rijksuniversiteit Groningen en de Dienst Landelijk Gebied een methodiek ontwikkeld waarmee de basis gelegd kan worden voor een geïntegreerd beeld van het functioneren van het landschap. In deze studie is op deze nieuwe manier het AHN gebruikt, samen met bodemkaarten, vegetatiekaarten, geo(morfo)logische informatie en historische kaarten, luchtfoto's en toponiemen om aan te geven waar welk soort water zich in de Provincie Noord-Brabant bevindt en hoe er mee omgegaan zou kunnen worden. Dit is de Landschapsecohydrologische Structuurkaart geworden.

In het eerste deel van deze twee rapporten is kort uiteengezet hoe de Landschapsecohydrologische Structuurkaart is opgesteld, en hoe die in de praktijk toegepast zou kunnen worden. In dit rapport zijn voorbeelden gegeven voor elk van de vier typen van waterbeheersing (berging, retentie, kwel en vasthouden).

Dit tweede deel geeft de achtergronden bij het opstellen van de Landschapsecohydrologische Structuurkaart. In dit rapport wordt kort de geo(morfo)logische opbouw van de Provincie Noord-Brabant geschetst en worden enkele landschapsecologische basisprincipes besproken. Vervolgens worden de landschapsvormen besproken -in de vorm van een soort catalogus- die in de loop van het onderzoek zijn aangetroffen. Voor hun vorm, genese en landschapsecologisch functioneren worden verklaringen gegeven. Tenslotte worden de aangetroffen landschapsvormen geplaatst in een overzichtsbeschouwing over de wording van de Provincie Noord-Brabant als geheel. In dit tweede deel dat voor u ligt, is een grote hoeveelheid illustraties opgenomen. Hier is bewust voor gekozen, om de grote verscheidenheid aan vormen, zowel tussen als binnen de landschapsvormen te kunnen presenteren.

3 Methodiek

3.1 Aanleiding

Met name in het laatste decennium is Nederland geconfronteerd met tal van vragen in de waterhuishouding. Men ervaart situaties als te droog of te nat ten opzichte van de gewenste doelstelling. Om deze situatie meer in evenwicht te brengen is een nieuw beleid ontworpen. De kern van deze nieuwe aanpak is samen te vatten met de drie begrippen: *Vasthouden, Bergen en Dan pas afvoeren*[1]. Daarnaast spelen uiteraard tal van andere aspecten zoals droogte, waterkwaliteit en externe veranderingen, zoals klimaat en bodemdaling, etc. Bij de concrete invulling van dit streven moet de nodige ruimte voor berging en andere overlast en risicoverlagende (veiligheid) maatregelen worden gecreëerd. Gezien de beperkte ruimte en de vele aanspraken op ons landelijk gebied is dit een verre van eenvoudige zaak. De Raad voor het Landelijk Gebied (2001) formuleert het zelfs zo[2]

(...) Bij de uitwerking van het principe in waterkansenkaarten, beleidsplannen en voorstellen voor uitvoeringsprojecten op provinciaal en regionaal niveau vormt het streven naar meekoppeling met functies zoals natuur, landschap en recreatie een belangrijk uitgangspunt. Minder in de aandacht staan de sturingsaspecten van water als randvoorwaarde voor het toekennen van ruimtelijke bestemmingen en functies. De recent ontwikkelde waterkansenkaarten en het toepassen van de watertoets als procedure-instrument moeten in dat kader vooral op juiste waarde worden geschat. In juni 2000 bracht de raad het thema 'Waterberging in landbouw-, natuur- en recreatiegebieden 'naar voren als adviesonderwerp voor het jaar 2001. Hij constateerde dat het oplossen van de gesignaleerde knelpunten in het waterbeheer belangrijke gevolgen kan hebben voor de LNV-sectoren in het landelijk gebied. Dit maakt een zorgvuldige formulering van afwegingskaders, een weloverwogen prioriteitstelling en nauwkeurige duiding van randvoorwaarden en condities wenselijk. De aandacht voor dit onderwerp werd mede ingegeven door de indruk dat in het streven naar meekoppeling van waterberging met de groene functies niet altijd even serieus aandacht wordt besteed aan de consequenties van dergelijke constructies, met name voor die groene functies. Het optimisme over het bereiken van win-win situaties lijkt soms een kritische beschouwing van de werkelijke mogelijkheden en onmogelijkheden in de weg te staan. (...)

Wateroverlast is niet van alle tijden: in de Vroege Middeleeuwen (sedert ca. 900 - 1000 AD) hebben boeren in Nederland (zoveel mogelijk gebufferd) water met kunstige systemen juist op hun land gebracht om vorstschade te beperken, de landbouwkundige opbrengst te verhogen en schadelijke dieren te elimineren[3]. Dat wil zeggen dat overstromingen plaatsvonden op plaatsen waar ze in de natuurlijke loop van een beek nooit zouden optreden. Deze situatie is eeuwen lang met succes gehanteerd en er was eerder sprake van een strijd om het gebruik van het water dan andersom.

Het is goed om te beseffen dat het vraagstuk naar de wenselijkheid en mogelijkheid voor de combinatie van waterdoelen en natuur, nieuw is: vroeger bestond geen "natuur", maar werd alleen een onderscheid gemaakt tussen gronden met verschillende gebruikswaarde: bossen voor hout en mast; heiden voor begrazing en plaggen; graslanden voor weiden en hooiland en "woeste gronden": venen en moerassen voor kluun en turf. Het resultaat van het toenmalig landgebruik was een gevarieerd (halfnatuurlijk) landschap, met naar huidige maatstaven, hoge natuurwaarden. Echter de komst van goedkope makkelijk bruikbare kunstmatige bemestingsmiddelen heeft aan die situatie voorgoed een einde gemaakt. Gebruik van terrestrische vegetaties is veranderd, en ook beekwater is niet langer geschikt voor bevloeiingen vanwege de hoge concentraties aan voedingsstoffen[4] . Er is een

---

[1] Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 2000. Anders omgaan met water. Waterbeleid in de 21e eeuw. Min. V &W, Den Haag

[2] Raad voor het Landelijk Gebied. 2001. Bergen met Beleid. Signaaladvies over de implementatie van waterberging en waterbuffering in beleid en uitvoeringsplannen. RLG-publicatie 01/4. 48 p.p.

[3] Baaijens, G.J., Everts, F.H. en Grootjans, A.P. 2001. Traditionele bevloeiing van grasland. Een studie naar vroegere bevloeiing van reservaten in Pleistoceen Nederland, alsmede enkele boezemlanden. EC LNV (OBN rapport 18) (30 p.p. + Bijlagen).

[4] Zie o.a. Sival, F.P, Jansen, P.C., Nijhof, B.S.J. en Heidema, A.H. 2001. Overstroming en vegetatie. Literatuurstudie over de effecten van overstroming op voedselrijkdom en zuurgraad. Alterra-project: 362-11012. Rapport 335, 66 p.p. +bijlagen). Het gaat

onderscheid ontstaan tussen "natuur" enerzijds en "landbouw" anderzijds. Met het onderscheid zijn ook belangenverschillen ontstaan, met name ten aanzien van schaal, bemesting en waterhuishouding. Heden ten dage is dus de opgave om opnieuw te vervlechten wat ooit niet gescheiden was.

In een eerder rapport hebben we moeten concluderen dat door het langdurig en grootschalig gebruik van deze meststoffen, de huidige beek- en rivierwaterkwaliteit niet meer past bij de beoogde natuurdoeltypen. Het water is te rijk aan voedingsstoffen of stoffen (b.v. sulfaat) die toxische of eutrofiërende effecten teweeg kunnen brengen. Ook de functie van beeksystemen is gewijzigd: i.p.v. gereguleerde doorstroom t.b.v. bevloeiingen, was er sprake van een gereguleerde afvoer het systeem uit. Om dit snel en efficiënt te doen zijn vele waterlopen gekanaliseerd. Pas recent komt de gebruikswaarde van water wederom in toenemende mate in beeld: water t.b.v. landbouw en natuur, tevens bergingsvraagstukken.In dit verband heeft de wens van waterbeheerders, om water –ook al is het incidenteel en/of kort- op te slaan in natuurterreinen, consequenties voor Provinciale doelstellingen op dit gebied[5].

De Provincie Noord-Brabant heeft de gehele begrensde Ecologische Hoofdstructuur ingevuld middels natuurdoeltypen[6]. Natuurdoeltypen zijn beelden over de gewenste en verwachte vegetatie op een bepaalde plaats. Voor deze typen zijn in beperkte mate abiotische randvoorwaarden geformuleerd, echter niet m.b.t. overstroming en/of inundatie[7]. Dit is wel gedaan voor het rivierenstelsel[8]. Daarnaast

---

met name om stikstof, fosfaat, sulfaat en kaliumverbindingen, zie hiervoor o.a. Kemmers, R.H., P.C. Jansen. 1985. De verspreiding van ecologische relevante grondwatertypen in relatie tot de geohydrologie van het studiegebied Herkenbosch-Vlodrop, COAL-publikatie nr. 18. ICW; Klijn, J.A. & C. Kwakernaak (red.) 2000. Bekenland in beweging. Handreiking voor een kwaliteitsimpuls. Uitgave Alterra, Nieuwland Advies, Ministerie van LNV en VROM, Wageningen; Lamers, L., F. Smolders, E. Brouwer en J. Roelofs, 1996. Sulfaat verrijkt water als inlaatwater? De rol van de waterkwaliteit bij maatregelen tegen verdroging. Landschap 13/3: 169-180. Lamers, L.P.M., 2001. Tackling Biochemical Questions in Peatlands. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen. 160 pp.; Runhaar, J., C. Maas, A.F.M. Meuleman & L.M.L. Zonneveld, 2000. Herstel van natte en vochtige ecosystemen. Handboek. Lelystad, RIZA. NOV-rapport 9-2. 124p. ; Lucassen, E., Smolders, A. en Roelofs, J. 2000. Effecten van verhoogde sulfaatgehalten op grondwater gevoede ecosystemen. H2O (25/25):28-31.

[5] Provinciale Staten Noord-Brabant. 2002. 'Brabant in Balans': Streekplan en Ontwikkelingsprogramma Noord-Brabant 2002.; Provincie Noord-Brabant 2002. Streefbeelden voor Beek- en Kreekherstel in Noord-Brabant. Provincie Noord-Brabant en Waterschappen Noord-Brabant. 92 p.p. + Bijlagen.; Provincie Noord-Brabant, 2001. Natuurgebiedsplannen. (CD); Provincie Noord-Brabant, 2002, Habitatrichtlijngebieden en beschermde soorten (CD).

[6] Provincie Noord-Brabant, 2001. Natuurgebiedsplannen. (CD).

[7] Een eerste systhematische indeling is gemaakt door Gooijer, Y. 2001 abiotische randvoorwaarden voor de Brabantse natuurdoeltypen. Dienst Landelijk Gebied en Hogeschool Zeeland. 55 p.p. + Bijlagen. Later is een verdere indeling gemaakt door H. Runhaar, J. Cools en P. van der Molen in het kader van de berekeningen t.b.v. het GGOR (Gewenst Grond en Oppervlaktewaterregime) in de Provincie Noord-Brabant. Hierbij is vooral gebruik gemaakt van de applicatie "Waternood" van S. Hennekens (Alterra) die gebaseerd is op een combinatie van het werk van Hennekens, S.M., Schaminée, J.H.J & A.H.F. Stortelder. 2001. SynBioSys, een biologisch kennissysteem ten behoeve van natuurbeheer, natuurbeleid en natuurontwikkeling. Versie 1.11 Alterra, Wageningen; en tevens Wamelink G.W.W. & J. Runhaar, 2000. Abiotische randvoorwaarden voor het Handboek Natuurdoeltypen. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 181 CD-ROM (dit is een verdere uitbreiding van Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder en E.J.Weeda, 1995-1998. De vegetatie van Nederland (5 delen), Leiden met handige applicaties en toegang tot verschillende kennissystemen); en Jansen, P.C. en Runhaar, J. 2002. Droogtestress als functie van grondwaterstand en bodemtype. Alterra-rapport 367. 33 p.p. en Hoogland, T., Runhaar, J. en Bierkens, M.F.P. 2001. DOENAT; Een applicatie voor de allocatie van natuurdoeltypen en berekening van doelrealisatie. Alterra-rapport 400. 29 p.p. Zowel bij de eerdere als bij de meer recente bepalingen is verder gebruik gemaakt van Aggenbach, C.J.S. en M.H. Jalink, 1998. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring, deel 4, Hoogvenen, 1e druk, Driebergen.; Aggenbach, C.J.S. et al., 1998a. De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoelen: Pleistoceen Nederland, Nieuwegein.; Aggenbach, C.J.S., M.H. Jalink, en A.J.M. Jansen, 1998b. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring, deel 5, Vennen, 1ste druk, Driebergen.; Bal, D., Beije, H.M., Fellinger, M., Haveman, R., Van Opstal, A.J.F.M. en Van Zadelhof, F.J. 2001. Handboek natuurdoeltypen in Nederland. (2e editie). EC-LNV. 832 p.p.; Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal, 2000. Selectie van referentiepunten t.b.v. het Staatsbosbeheer-project terreincondities: Fase I: resultaten inventarisatie, s.l.; Blokland, K.A. en R.J.M. Kleijberg, 1997. De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoelen: Holoceen Nederland, s.l.; Jalink, M.H. en A.J.M. Jansen, 1995. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring, deel 2, Beekdalen, 1ste druk, Driebergen; Jalink, M.H., 1996. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring, deel 3, Laagveenmoerassen, 1e druk, Driebergen.; Staatsbosbeheer 2000. Catalogi Bedrijfssturing: natuur, bos, recreatie en landschap, uitgave van Staatsbosbeheer, Driebergen.

[8] Zie o.a. Duel, H., Pedroli, G.B.M. en Arts, G. 1996. Een stroom natuur. Streefbeelden voor Rijn en Maas. Achtergronddocument B: Ontwikkelingsmogelijkheden voor doelsoorten. RIZA werkdocument 95.173X. 192 p.p. incl. bijlagen.; Rademakers, J.G., M. en Wolfert H.P. 1994. Het Rivier-Ecotopen-Stelsel; een indeling van ecologisch relevante ruimtelijke eenheden ten behoeve van ontwerp- en begeleidingsstudies in het buitendijkse rivierengebied. RIZA. Project "Ecologisch Herstel Rijn en Maas" nr. 61-1994. 77 p.p.; Rademakers, J.G., M., Pedroli, G.B.M. en Van Herk, L.H.M. 1996. Een stroom natuur. Streefbeelden voor Rijn en Maas. Achtergronddocument A: Kansrijkdom van ecotopen. RIZA werkdocument 95.172X. 173 p.p. incl. bijlagen.

zijn er uiteraard nog tal van andere aspecten aan opslag van water in het landelijk gebied: naast gevolgen voor de natuur, ook effecten voor de landbouw, voor de recreatie en het landschap. Integraal landgebruik vereist daarom ook bij het genereren van streefbeelden aan alle voornoemde aspecten eerlijk en gelijkmatig aandacht wordt besteed. Dat gebeurt ook in de nieuwe modelsystemen die worden ingezet bij het op elkaar afstemmen van natuur, water en landbouwwensen[9].

Momenteel worden veel creatieve richtingen verkend om de ontstane gecompliceerde problematiek van tekorten enerzijds en (piek)overschotten anderzijds te lijf te gaan[10]. Daarbij wordt bijvoorbeeld gekeken naar de mogelijkheden water vast te houden in de inzijggebieden[11]. Ook wordt in toenemende mate gekeken of ruimtegebruik (zoals van oudsher...) gecombineerd kan worden. Nieuwe studies over waterberging en landbouw- of natuurdoelstellingen en nieuwe inzichten in de relatie tussen fosfaatconcentratie en vegetatietypen zijn belangrijke nieuwe peilers in de huidige discussies[12].

Toch moeten, in het kader van de trajecten Waterbeheer in de 21e eeuw, in de Provincie Noord-Brabant concrete locaties aangewezen worden voor regionale waterberging. Met oog op de klimaatsverandering dient in beeld te worden gebracht welke maatregelen noodzakelijk zijn ter voorkoming van – in dit kader - regionale wateroverlast. Dit speelt tevens een rol bij de Revitalisering Landelijk Gebied. Daarbij doen zich de volgende zaken voor:

- Welke locaties bieden de beste kansen voor waterberging, retentie, water vasthouden en natuur en welke bijdrage dit kan leveren aan het voorkómen van wateroverlast;
- In hoeverre is waterberging, retentie, en water vasthouden te combineren met natuur- en landbouwdoelstellingen;
- De criteria om tot een zorgvuldige afweging of onderbouwing te komen rond waterberging, retentie, en water vasthouden ontbreekt; daarmee gaat de discussie veelal over standpunten en niet over feiten.

---

[9] Runhaar, J., Boogaard, H.L., van Delft, S.P.J. en Weghorst, S. 1999. Natuurgericht Landevaluatiesysteem (NATLES) Alterra-rapport 704. 105 p.p. en Projectgroep Waternood De Leijen: Finke, P.A., Zeeman, W.P.C., Schouten, G., Runhaar, J., Van der Molen, P.C., Van der Meer, W. De Gruijter, J.J., Bierkens, M.F.P. en Van Bakel, P.J.T. 2001. Beter werken met "Waternood". Een proeftoepassing in het herinrichtingsgebied De Leijen. Alterra-rapport 26799 p.p. + Bijlagen.

[10] Bijkerk W & R Hunink-van Leeuwen (2002) Effecten van waterberging op de ontwikkeling van natuurwaarden. Rapport Oranjewoud.; Coops H (red.) (2002) Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. RIZA rapport nr. 2002.040, Lelystad.; Kemmers RH, FP Sival & PC Jansen (2003) Effecten van bevloeiing op de basentoestand en nutrientenbeschikbaarheid van natte schraalgraslanden op klei-, zand-, en veengronden. Veldwaarnemingen en laboratoriumexperimenten. Alterra-rapport 534, Wageningen.; Kemmers RH, SPJ van Delft, FP Sival & PC Jansen (2003) Effecten van bevloeiing op de basen- en voedingstoestand van verzuurde en verdroogde beekdalgraslanden; mogelijkheden van bevloeiing als effectgerichte maatregel. Alterra-rapport 748, Wageningen; Schuil N (2003) Retentievegetatie. Ontwikkelingskansen van vegetatie binnen een water retentiegebied. Rapport AquaSense, Amsterdam.; Sival FP, PC Jansen, BSJ Nijhof & AH Heidema (2002) Overstroming en vegetatie: literatuurstudie over de effecten van overstroming op voedselrijkdom en zuurgraad. Alterra-rapport 335, Wageningen.; Van der Molen PC (2002) Ecologische aspecten van overstroming en inundatie. Literatuuronderzoek naar de gevolgen van overstroming en inundatie voor de Brabantse natuurdoeltypen. Rapport Dienst Landelijk Gebied Noord-Brabant.; Deelstroomgebiedsvisies:; Brabant West: Deelstroomgebiedsvisie Brabant West. Concept. Provincie Noord-Brabant, september 2002.; Brabant Oost: Deelstroomgebiedsvisie Brabant Oost. Concept. Provincie Noord-Brabant, september 2002.

[11] Knol, W.C., E.M. Jokovi, A. Blankena, W.J.H. Meulenkamp, H.S.D. Naeff & T. J. Weijschede. 2002. Een vergelijking van potentiële noodoverloopgebieden op aspecten van natuur, landschap en cultuurhistorie, landbouw en recreatie. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterrarapport 522. 74 blz.; 30 fig.; 12 tab.; 35 ref.; Streefkerk, J.G. 2001. Kansen en randvoorwaarden voor waterberging in terreinen van Staatsbosbeheer. Staatsbosbeheer 65 p.p. + Bijlagen.; Van der Gaast, J.W.J., Massop, H.Th.L., Van Os, J., Stuyt, L.C.P.M.P., van Bakel, P.J.T. en Kwakernaak, C. 2002b. Waterkansen in het SGR-2. Potenties voor realisatie van de wateropgaven in relatie tot de Netto-EHS. Alterra document 558.1.; Van der Gaast, J.W.J., van Bakel, P.J.T. en Massop, H.Th.L. 2002a. Waterkansen in het SGR-2. Evaluatie van de wateropgaven in relatie tot de Netto-EHS. Alterra document 558. ISNN 1566-7197. ; Van Bakel, P.J.T. Van Walsum, P.E.V., Groenendijk, M. en Querner, E.P. in prep. Waterberging en verdrogingsbestrijding. Alterra. De problematiek heeft echter ook al eerder grote aandacht gehad b.v. in Oomes, M.J.M. en Korevaar, H. (eds). 1998. Herstel van natte soortenrijke graslanden. AB-DLO thema's 5. 95 pp.

[12] STOA, 2003. Waterberging op landbouwgronden. Effecten op plant- en dierziekten, onkruiden en contaminanten. STOA-rapport 19, 76 pp.; Massop, H.Th., Jansen, P.C. en Kwakernaak, C. 2003. Natuur en waterberging: indicaties van overlappend ruimtegebruik. Alterra-rapport 766. 46 p.p. + Bijlagen.; Sival, F.P., Chardon, W.J. en Van der Werff, M.M. 2004. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat: evaluatie van verschralingsmaatregelen. Alterra-rapport 951. 86 p.p. + Bijlagen.

De Provinciale Commissie Landelijk Gebied (PCLG) heeft de provincie geadviseerd om ten behoeve van deze trajecten een kaart met de landschapsecologische structuur te maken. De provincie heeft aan de Dienst Landelijk Gebied gevraagd om hiervoor een projectvoorstel te maken, welke is uitgevoerd door Drs. G.J. Baaijens van de Rijksuniversiteit Groningen en Dr. P. van der Molen van de Dienst Landelijk Gebied.

3.2 Opdracht, uitgangspunten en producten

De voor dit project geformuleerde probleemstelling luidt:

Hoe kun je, beredeneerd vanuit het bodem- en watersysteem, tot een zorgvuldige afweging komen wat geschikte en minder geschikte locaties zijn voor waterberging (= meestromende berging/ bevloeiing met stromend water); waterconservering (= vasthouden in de haarvaten); retentie (= gestuurde berging, stilstaand water) en natuurpotenties (= kwelkansen en contactzones).

Vanuit deze probleemstelling ontstond de vraag naar:

Een provinciedekkend structuurbeeld van de landschappelijke en ecohydrologische relaties;

Een interpretatie van dit structuurbeeld gericht op het identificeren van kansrijke gebieden voor het bergen-, retentie- en vasthouden van water ter voorkoming van regionale wateroverlast, en voor natuurpotenties.

Waterbeheer in de 21e eeuw: De zoek- en reserveringsgebieden voor waterberging zijn in het Integraal Hydrologisch Streefbeeld zijn opgenomen. De LES-kaart ondersteunt de waterschappen bij het nader concretiseren hiervan, en geeft inzicht waar de hoogste potenties liggen t.b.v. waterberging, retentie, water vasthouden en natuur.

> De LES-kaart is een studie op hoofdlijnen en beperkt zich tot de schaal 1:50.000. Over vragen op een meer gedetailleerd niveau doet de kaart geen uitspraken. Dergelijke vragen vereisen nadere studies.
>
> De LES-kaart maakt geen keuzen, maar ondersteunt het maken ervan door anderen. In de kaart worden feiten t.a.v. het landschapsecologische systeem en mogelijkheden t.a.v. waterberging aangedragen. Keuzen uit de voorgelegde mogelijkheden behoren niet tot het resultaat van dit project.

Revitalisering Landelijk Gebied: De LES-kaart kan een toegevoegde waarde hebben bij de regionale uitwerkingsplannen en voor de MER-Reconstructie.

Landschapsecologie gaat van 'groot' naar 'klein', oftewel van **macroniveau** (Provinciaal niveau: schaal ca. 1:200.000), inzoomen naar **mesoniveau** (stroomgebiedsniveau, schaal ca. 1:50.000). Concreet zijn voor de vervaardiging gebruikt:

- Kaarten van geomorfologie, AHN, bodemkaart (NEBO en 1:50.000 en waar beschikbaar per landinrichtingsproject tot op schaal 1:10.000)[13].

---

[13] GIS: Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN).; GIS: Geomorfologische kaart van Provincie Noord-Brabant.; GIS: Top10 Vectorkaart. Leenders, W.H. 1991. De bodemgesteldheid van herinrichtingsgebied De Leijen-Oost. 182 p.p. + Bijlagen. SC-DLO rapport 145.; Leenders, W.H. 1992. De bodemgesteldheid van herinrichtingsgebied De Leijen-West. 131 p.p. + Bijlagen. SC-DLO rapport 214; Leenders, W.H. 1998. Bodem en grondwatertrappenkaart binnen de Aanpasingsinrichting A50. DLO-Staringcentrum Wageningen. xx p.p. + bijlagen.; Lorié, J. 1922. Hoe ontstonden de vennen van Oisterwijk? Ver. Tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland: verslagen 1918-1922 (p.p. 73-81).; Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie. 1981. Bodemkundige landschappen van Nederland. Gedeeltelijke heruitgave van de Bodem van Nederland, Toelichting bij de Bodemkaart van Nederland 1:200.000; samengesteld door de Stichting voor Bodemkartering. 132 pp.; Staring Centrum DLO, Wageningen 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek: richtlijnen en voorschriften, deel A en deel D.; Stichting voor Bodemkartering, Wageningen 1986. De bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid van het landinrichtingsproject "Weerijs".; NITG-TNO 2001. Geologische atlas van de Diepe Ondergrond van Nederland. Toelichting bij de kaartbladen XIII en XIV Breda-Valkenswaard en Oss-Roermond. Ned. Inst. Voor Toegepaste Geowetenschappen. Utrecht 149 pp.; Van Diepen, D. 1968. De bodem van Noord-Brabant. Toelichting bij blad 8 van de bodemkaart van Nederland 1:200.000 (de zogenaamde NEBO-kaart). Stichting Bodemkartering. 164 pp. + bijlagen.; Van Oosten, M.F. 1975. Invloed van de bodemgesteldheid en de waterhuishouding op het agrarisch landschap rondom Wouw. Bodemk. Stud. 12. Wageningen; Bisschops, J.H., 1973. Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Eindhoven Oost (51O). Rijksgeologische Dienst Haarlem. 132 pp. + bijlagen.; Bisschops, J.H., Broertjes, J.P. en Dobma, W. 1985. Toelichting bij de Geologische kaart van

- (Historische) Verspreidingsgegevens van vegetaties en soorten. Deels via *SynBioSys*.[14]
- Historisch kaartmateriaal zoals Militair Topografische Kaart (1850) en de Robas-kaart (ca. 1910).[15]
- Huidige Landschapsecologische Systeemanalysen en literatuur op watergebied (b.v. "*Watersystemen in Beeld*" van NITG-TNO).[16]
- Waar mogelijk/nodig luchtfoto's van voor de ruilverkavelingen (zo mogelijk uit de periode eind jaren '30 t/m eind jaren '40 begin '50).
- Communicatie met andere specialisten van Dienst Landelijk Gebied, universiteiten, onderzoeksinstituten en overige deskundigen.

Het onderzoek heeft de volgende producten opgeleverd:

- De **CD** bevat de Landschapsecohydrologische Structuurkaart gemaakt als **shape-file**, geschikt voor gebruik in een GIS-omgeving. Op de CD is de kaart beschikbaar binnen de **GIS-applicatie GeoView**. Hierin is opgenomen:

Landschapsecologie:

- **De Landschapsecohydrologische Structuurkaart** op basis van de (schaal 1:50.000; mesoniveau). Op deze kaart staat aangegeven welke functie in potentie het best bij een gebied past, gelet op de wijze waarop het landschapsecologisch systeem werkt:
  - natuurpotenties (kwelkansen en contactzones)
  - potentie voor waterconservering (vasthouden in de haarvaten)
  - potentie voor waterberging (meestromende berging/ bevloeiing met stromend water)
  - potentie voor retentie (gestuurde berging, stilstaand water) (waterbeheersingtypen: kwelpotentie, vasthouden, retentie en berging).

Nederland 1:50.000. Blad Eindhoven West (51W). Rijksgeologische Dienst Haarlem. 216 pp. + bijlagen.; Staalduinen, C.J. en Van Veen, S.D. 1975. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland 1:600.000; 11 pp. plus de kaart zelf.; Stoffelen, G.H. 1991. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied Rucphen-Hoeven. SC-DLO rapport 150, 133 p.p. + Bijlagen.; Schelling, J. 1951. Een bodemkartering van Limburg. De bodemkartering van Nederland Deel X. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen No. 57.17; Sonneveld, F. 1958. Bodemkartering en de daarop afgestemde landbouwkundige onderzoekingen in het Land van Heusden en Altena. De bodemkartering van Nederland Deel XVIII. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen No. 64.4; Van Diepen, D. 1952. De bodemgesteldheid van de Maaskant. De bodemkartering van Nederland Deel XIII. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen No 58, 9; Geenen, H.G.M. 1977. Projectstudie Lndinrichting Midden Brabant. Bodemgesteldheid van Midden-Brabant. Deelrapport 6. Stiboka Wageningen.; Anonymus. 1959. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Essche Stroom. Stiboka Wageningen.; Vroon, H.R.J. 2000. De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Wintelre-Oerle; resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Alterra-rapport 071, 82 p.p. + Bijlagen.; Te Riele, W.J.M. en Steeghs, B.H. 1968. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Zevenbergen. Rapport 722. Stiboka Wageningen.; Terpstra R. 1964. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Mierlo. Rapport 620. Stiboka Wageningen.; Haans, J.C.F.M. 1948. Een bodemkartering van de omgeving van Bergen op Zoom. Stiboka Wageningen.; Kanters, H.L., Van den Akker, A.M. en Steur, G.G.L. 1978. De bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid van West-Brabant. Rapport 1301. Stiboka Wageningen.; Bles, B.J. en Steeghs, B.H. 1974. Ruilverkavelingsgebied Kruisland-Wouw. Rapport 1096. Stiboka Wageningen.; Leenders, W.H., Beekman, A.G. en Wijnen, A.M. 1982. Ruilverkaveling Zundert. Bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid. Rapport 1452. Stiboka Wageningen.; Hullenaar, B. 2003. Ecologisch herstel Hengstven. 33 p.p. + Bijlagen. Het proefschrift van J. Schokker 2004. Patterns and processes in a Pleistocene flucio-aeolian environment, Roer Valley graben, south-eastern Netherlands. Nederlandse Geografische Studies 314. geeft een vernieuwde litho- en chronostratigrafische indeling.

[14] Hennekens, S.M., Schaminée, J.H.J & A.H.F. Stortelder. 2001. SynBioSys, een biologisch kennissysteem ten behoeve van natuurbeheer, natuurbeleid en natuurontwikkeling. Versie 1.11 Alterra, Wageningen; LB&P Ecologisch Advies BV. en Heidemij Advies BV. 1994. Vegetatiekartering en ecologische systeembeschrijving landinrichtingsgebied De Leijen. Hoofdrapport no LB&P-92330, 100 p.p. + bijlagen.; Cools, J.M.A. 1989. Atlas van de Noordbrabantse flora. KNNV. 371 p.p.; Borsboom, N., Stuurman, F., Schnitger, P. en Buis, J. 1999. Bos van Toen. Eerste Nederlandsche Boschstatistiek. Het bos in Nederland in kaart gebracht. 1938 1942 (CD ROM).

[15] Wolters Noordhoff, 1990. Militair Topografische Kaart - Deel 4: Zuid Nederland. (ca. 127 p.p).; Robas, 1991. Historische Atlas Noord Brabant. Chromotopografische Kaart des Rijks 1:25.000 (uitgave tussen ca. 1904 en 1921).

[16] Zie voetnoot 17

- **De Landschapsecohydrologische Hoofdstructuren** van de gehele Provincie Noord-Brabant (op ca. 1:450.000; macroniveau).
    - Basisgegevens zoals de Provinciegrens; topografische ondergrond; huidig landgebruik; huidige waterlopen; hoogtekaart.

- **Beleid**:
    - Integraal Hydrologisch Streefbeeld (IHS); overige waterthema's; natuurthema's zoals AHS/GHS, Natuurgebiedplannen; RNLE's; etc.

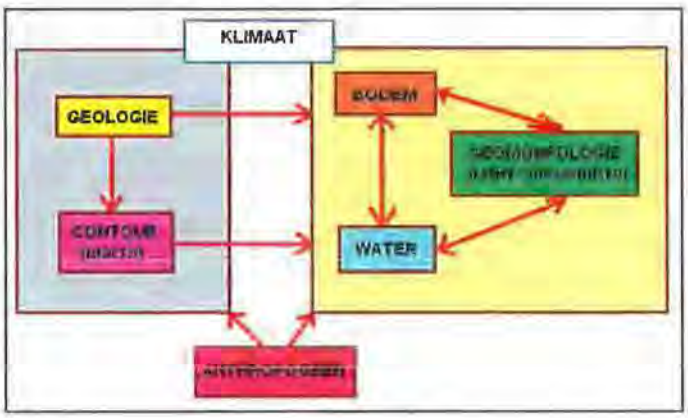
- **Landschapsecohydrologische Structuurkaart Deel I: De kaart.** Dit is een begeleidend rapport over achtergrond en gebruik van de Landschapsecohydrologische Structuurkaart.
- **Landschapsecohydrologische Structuurkaart Deel II: Landschapsecologie.** Dit is het achtergrondsrapport en verantwoording over de landschapsecologische principes van de Landschapsecohydrologische Structuurkaart en de opbouw van de Provincie Noord-Brabant.

3.3 Het opstellen van de kaart en de lagenbenadering.

Bij het opstellen van de kaart is uit gegaan van de zogenaamde lagenbenadering. In de onderste laag van de Provinciale lagenindeling, worden verschillende aspecten van het landschap genoemd: *bodemtypologie, geomorfologie* en het *watersysteem*. Deze drie aspecten zijn echter elk op een verschillende wijze en schaalniveau aanwezig en op elkaar (wederzijds) van invloed. Bovendien zijn er meerdere aspecten te onderkennen. In het landschap zijn systemen op verschillende niveaus aanwezig, die het resultaat zijn van de interactie van (a)biotische factoren. Op het hoogste niveau is dat het systeem van de kosmos en vervolgens dat van de atmosfeer. Deze spelen zich af buitenom de aardbol, maar zijn wel met die aardbol in wisselwerking (b.v. het broeikaseffect). Op de aardbol zelf hebben we te maken met het watersysteem: de hydrosfeer, de geologie of lithosfeer en de biotische respons hierop: de biosfeer. De mens heeft met haar denken en handelen op deze systemen een significante invloed (noösfeer).

De atmosfeer ofwel het klimaat is van invloed op alle aspecten. De lithosfeer of geologie is verantwoordelijk voor de contouren (hoogteverschillen boven NAP) in Nederland. Geologie en contour beïnvloeden samen: bodem, water en geomorfologie. Geomorfologie is hier opgevat als een beschrijving van reliëfverschillen in het landschap en de verklaring van het ontstaansproces.

Er zijn perioden geweest in de wordingsgeschiedenis van het landschap, waarin water tot geomorfologische dus reliëfveranderingen leidde. Bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een breuk (geologie) ontstaat een vlak waarlangs water naar boven stroomt en uittreedt. Deze natte plaatsen aan het maaiveld, vangen in periglaciale omstandigheden dekzand (bodem) in en vormen ruggen in het landschap (geomorfologie). De ruggen kennen een subtiel evenwicht tussen inzijging aan de bovenzijde en kwelstromen diep van binnen (water). Hierdoor ontstaat nieuwe bodemvorming (bodem) en water treedt op bepaalde plaatsen uit, waardoor daar extra zand wordt ingevangen (dekzandplateaus) (geomorfologie) en nieuwe bodemvorming (bodem).



Figuur 1 Factorencomplexen in de lagenbenadering.

Tenslotte laat de mens (antropogeen) zijn invloed gelden op het landschap. Dat is voornamelijk op het niveau van bodem, water en reliëf. Daarbij wordt inbegrepen het vergraven van rivieren, etc. De mens is echter ook in staat tot grootschalige veranderingen zoals b.v. verleggen van de kustlijn, de diepe ontwateringen t.b.v. mijnbouw en bodemdaling t.b.v. zout- en aardgaswinning.

Inzicht in de aard en grootte van de relaties binnen en tussen verschillende factorencomplexen zoals geschetst is de basis voor het maken van een landschapsecologische analyse. De Landschapsecohydrologische Structuurkaart is vanuit deze multivariate benadering opgesteld.

Helaas zijn weinig landschapsecologische rapporten beschikbaar, en dan veelal alleen voor deelgebieden. In verschillende rapporten worden landschapsbeschrijvingen gemaakt om vervolgens te dienen als inputvariabele voor de modelberekening waar het rapport eigenlijk om gaat. Wel zijn brede hydrologische onderzoeken verricht, ook op Provinciaal niveau[17], deze zijn vooraf gegaan door de goeddeels vergeten COLN-rapporten, die qua visie en inzet hun tijd ver vooruit waren[18]. Ook in de verschillende landinrichtingsprojecten is veel tijd en geld geïnvesteerd om de hydrologie, bodem, vegetatie en cultuur nauwkeurig te beschrijven[19]. Toch zijn er geen daadwerkelijk integrerende rapportages verschenen, waarin alle bovengeschetste factoren op het niveau van de Provincie Noord-Brabant zijn samengenomen. Dergelijke studies zijn wel uit andere delen van het land bekend, maar zijn altijd van toepassing op relatief kleine gebieden[20], nog niet eerder is een provinciale verkenning uitgevoerd.

---

[17] Door Stuurman, R., 1993 Een watersysteemanalyse in het stroomgebied van de Beerze en Reusel (Midden Brabant). TNO rapport OS 92-88A. 89 p.p. + Bijlagen.; Stuurman, R., Van Beusekom, G. en Reckman, J. 2000. Watersystemen in Beeld. Een beschrijving van de grond en oppervlaktewatersystemen van Noord Brabant. Provincie Noord Brabant 67 p.p. + CD ROM (deze geeft de mogelijkheid zelf kaarten te genereren uit het basismateriaal). TNO rapport NITG 00 10 A.; Dienst Grondwaterverkenning TNO. 1990. De hydrologische systeemanalyse van Westelijk Brabant en omgeving. 178 pp + bijlagen.; Stuurman, R.J., Meij v.d. J.L., Biesheuvel, A. en Pakes, U. 1990 De grondwaterstromingsstelsels en de grondwatersamenstelling van de provincie Noord-Brabant. Dienst grondwaterverkenningen TNO. en ook in Van Ek, R., Klijn, F., Runhaar, H., Stuurman, R., Tamis, W. en Reckman, J. 1997. Gewenste grondwatersituatie Noord-Brabant. Deelrapport 1. Methodeontwikkeling voor het bepalen van de optimale grondwatersituatie voor de sector natuur. RIZA-rapport 98.027. 126 pp + bijlagen. zijn brede verkenningen gedaan.

[18] Kouwe, J.J. en Vrijhof, B. 1958. De landbouw-waterhuishouding in de Provincie Noord-Brabant. COLN-rapport 11 TNO. 236 p.p. + Bijlagen. (zie voor verdere literatuur ook Mol, A.W.M. 1986. Overzicht van hydrobiologische literatuur in Noord-Brabant. RIN 86-4 356 pp.)

[19] zie Dirkx, G.H.P. en Soonius, C.M. 1991. Archeologie en cultuurlandschap in het herinrichtingsgebied "De Leijen-Oost"(Noord Brabant). Staring Centrum Rapport 137, 155 p.p. + Bijlagen.; Dirkx, G.H.P. en Soonius, C.M. 1993. Ontwikkeling van het cultuurlandschap in het herinrichtingsgebied "De Leijen-West"(Noord Brabant). SC-DLO en RAAP rapport 225.1, 242 p.p. + Bijlagen.; Dirkx, G.H.P. 2001. Historische ecologie van De Brand en De Mortelen (Noord-Brabant). Alterra-rapport 391. 106 p.p. + Bijlagen.

[20] Voorbeelden zijn: De Poel, K.R. 1992. Hackfort - een onderzoek naar vormen van aangepast landgebruik in een zandgebied. Syntheserapport van de COAL-gebiedsstudie op het Landgoed Hackfort bij Vorden. COAL-publicatie nr. 53. DLO-Staring Centrum 274 p.p. + bijlagen.; Poel, K.R. de 1992. Hackfort: een onderzoek naar vormen van aangepaste landbouw in een zandgebied. Syntheserapport van de COAL-gebiedsstudie op het landgoed Hackfort bij Vorden. Wageningen (DLO-Staring Centrum, 278 p. + 4 krt.; COAL - publikatie; nr. 53).; Commissie voor de Milieueffectrapportage. 1995. Toetsingsadvies over milieueffectrapport Militair Oefenterrein De Haar. Cie m.e.r. 15 nov 1995. Utrecht.; Verschoor, A.J., Baaijens, G.J., Everts, F.H., Grootjans, A.P., Rooke, W., Van der Schaaf, S. en De Vries, N.P.J. 2003. Hoogveenontwikkeling in veentjes en kleinschalige hoogveencomplexen op het Dwingelderveld; een landschapsbenadering. EC-LNV. 65 pp.; Baaijens, G.J., Roling, N., en Veen, P. 2001. Drentsche Aa: externe audit. 96 p.p. + Bijlagen.; Geraedts, J.M. 1998. Gebiedsanalyse Ruilverkaveling Laaghalen. Dienst Landelijk Gebied Drenthe. 20 pp.; Havelaar, N., Hazekamp, A. en Sytsma, B. 1997. Systeem analyse van toekomstig militair oefenterrein "De Haar". IKC Wageningen en DGW&T (met bijdragen van Gert Jan Baaijens).; Stuurman, R.J., Runhaar, H., Foppen, J.W. en De Waal, R.W. 1998. Ecohydrologische systeembeschrijving in het veengebied ten noorden van de Brabantse Wal. NITG-TNO rapport 98-77-B. 52 p.p. + Bijlagen.; Bossenbroek, Ph. En Streefkerk, J.G. 1994. Strijper Aa. Naar een verhoging van de natuurwaarden in het beekdal. Staatsbosbeheer. 46 p.p. + Bijlagen.; LB&P Ecologisch Advies BV. en Heidemij Advies BV. 1994. Vegetatiekartering en ecologische systeembeschrijving landinrichtingsgebied De Leijen. Hoofdrapport no LB&P-92330. 100 p.p. + bijlagen.; Querner, E.P. , Jansen, P.C., Arts, G.H.P. en Runhaar, J. 1999. Ecohydrologische systeembeschrijving van de Strabrechtse Heide en omgeving met oplossingen voor een integraal herstel. IBN-DLO en SC-DLO. Rapport 665. Op een wat grotere schaal is b.v. de studie van het duingebied in Bakker, T.W.M, Klijn, J.A. en Van Zadelhoff, F.J., 1981. Nederlandse Kustduinen - Landschapsecologie. Pudoc Uitg. Wageningen. Overigens is door Baaijens, G.J. 2001. Goed kijken kan nooit kwaad. Over nepmeanders en ander ongerief. Kenmerken 8:3 p.p. 8-11. besproken hoe gecompliceerd de opbouw van een gebied kan zijn en wat er bij komt kijken dit te ontrafelen. In Jansen, P.C. 2001. Inventarisatie van waterkwaliteit voor ecologische doeleinden. Alterra-rapport 185 52 p.p. + Bijlagen. wordt eveneens duidelijk waarom de locatie van kwelafhankelijke vegetaties en de oorsprong van het kwelwater van elkaar kunnen verschillen.

3.4 Actueel Hoogtebestand Nederland

Voor het opstellen van de kaart is zeer veel gebruik gemaakt van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)[21], vervaardigd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. Het basisbestand van het AHN bevat een selectie van de oorspronkelijke hoogtepunten die met laseraltimetrie zijn gemeten. De selectie omvat de metingen op het maaiveld, d.w.z. dat uitschieters en metingen op gebouwde objecten en vegetatie zijn verwijderd. Een uitzondering hierop vormt de bebouwde kom, waar de selectie van metingen op bebouwing en vegetatie niet hoeft te worden uitgevoerd, maar waar alleen uitschieters worden verwijderd. Onder bebouwde kom wordt verstaan stads- en/of dorpskernen met een oppervlak groter dan 1 km². Dus metingen in kleine dorpen, lintbebouwing en losstaande huizen buiten de bebouwde kom zijn verwijderd uit het basisbestand. Taluds en infrastructuur (wegen, spoorlijnen dijken, etc.) worden daarentegen niet uit het basisbestand verwijderd.

De selectie (het zogenaamde filteren) wordt uitgevoerd door de leverancier van de ruwe data, waarna de Meetkundige Dienst een controle op volledigheid en precisie uitvoert (zie ook hoofdstuk 3 hierna) en een uitgebreide visuele inspectie, waarbij o.a. wordt gecontroleerd op correct filteren. In de meeste gevallen is het slechts globaal bekend welke filterprocedure heeft plaatsgevonden, omdat de meeste leveranciers zich beroepen op bedrijfsgeheim waar het de toegepaste technieken betreft. Het is dus mogelijk dat binnen het aangeschafte kaartblad metingen van twee verschillende leveranciers voorkomen en dus van twee verschillende filtertechnieken.

De puntdichtheid in het basisbestand is minimaal 1 punt per 16 m², met uitzondering van bosrijke gebieden, waar deze minimaal 1 punt per 36 m² bedraagt. De lagere puntdichtheid in bosrijke gebieden is het gevolg van dichte vegetatie waardoor de lasermetingen vaker op de vegetatie vallen en meer metingen door filteren moeten worden verwijderd.

In gebieden met veel bebouwing en wateroppervlakken kan de puntdichtheid lokaal lager zijn. De hierboven genoemde puntdichtheden zijn dan ook gemiddelde waarden over grotere gebieden. Tijdens kwaliteitscontrole bij de Meetkundige Dienst wordt beoordeeld of de spreiding van punten over het gebied voldoende regelmatig is.

De kwaliteit van een geografisch bestand is niet met één getal weer te geven. Voor de kwaliteitsbeschrijving zijn dan ook diverse maten te gebruiken die ieder een ander aspect van de kwaliteit beschrijven. Enkele belangrijke begrippen voor het AHN zijn de volgende: De lasergegevens worden gecontroleerd met behulp van referentiehoogtemetingen in een stuk vlak en onbegroeid terrein van ongeveer 1 hectare. De afwijkingen tussen het vlak verkregen uit lasermetingen en dit lokale referentievlak zijn te verdelen in een *systematische* en een toevallige of *stochastische fout*. De stochastische fout, ook wel *puntruis* genoemd, is de ruis in de lasermetingen en kan worden geschat met de spreidingsmaat *standaard afwijking*. De systematische fout wordt uitgedrukt door de *gemiddelde afwijking* in het gebied van de referentiemetingen. De *precisie* is de geometrische kwaliteit van het basisbestand en wordt uitgedrukt door de systematische fout en puntruis samen. De *betrouwbaarheid* zegt iets over de controleerbaarheid van de metingen. De term *nauwkeurigheid* wordt gebruikt als overkoepelende term voor het geheel van precisie en betrouwbaarheid. De systematische fout en de puntruis in zowel de x- en y-coördinaten als de hoogte is voornamelijk afhankelijk van de methoden voor plaats- en standbepaling in het meetplatform en de terreinhelling.

De hoogte van het basisbestand wordt getoetst met behulp van zgn. referentievelden. Deze referentievelden zijn vlakke stukken terrein zonder (hoge) begroeiing waar met terrestrische meetmethoden ± 100 referentiemetingen worden verricht. Het meetinterval van deze referentiemetingen is vergelijkbaar met die van de laseraltimetrie (4 à 5 meter).

Middels interpolatie wordt op iedere referentiemeting een hoogte uit de omliggende laserwaarnemingen geschat, zodat op ieder punt een hoogteverschil kan worden berekend. Het gemiddelde hoogteverschil voor één referentieveld is een schatting van de systematische fout. Deze systematische fout geldt voor de directe omgeving van het referentieveld en is maximaal 5 cm. De

[21] Het AHN is vervaardigd door Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. Voor meer informatie bestaat het Loket Geo-gegevens van de Meetkundige Dienst, over aan te kopen of geleverde hoogteproducten. Loket Geo-gegevens; Postbus 5023; 2600 GA Delft; tel 015 - 2691444; fax 015 - 2618962; g.e.o.gegevens@mdi.rws.minvenw.nl of op www.minvenw.nl/ahn

spreiding in de hoogteverschillen wordt geschat met de standaard deviatie en mag per referentiegebied de 15 cm niet overschrijden. De systematische fout en puntruis zeggen alleen iets over de precisie op korte afstand; tussen de referentiegebieden in kunnen de afwijkingen kleiner, maar natuurlijk ook groter zijn.

Per project met een omvang van een waterschap of halve provincie worden meerdere referentievelden, verspreid over het gebied gemeten. Ieder referentieveld moet voldoen aan de gestelde eis van een maximale systematische afwijking van 5 cm en maximaal 15 cm standaard afwijking. De precisie voor andere terrein- en vegetatietypen dan die van de referentievelden is nog onvoldoende bekend.

De precisie van x- en y-coördinaten wordt geschat op 30 cm in beide richtingen. Deze schatting is gebaseerd op de precisie van de methoden van plaats- en standbepaling in het meetplatform. Als gevolg van het relatief grote meetinterval (4-5 meter) kan de precisie alleen globaal worden gecontroleerd aan de hand van duidelijk herkenbare objecten in het terrein.

Omdat met laseraltimetrie maar één maal op exact dezelfde locatie kan worden gemeten zijn de afzonderlijke metingen onafhankelijk van elkaar en kan de betrouwbaarheid van de afzonderlijke metingen niet worden bepaald. Echter, in de overlappende gebieden (dwars- en langsoverlap van vluchtstroken) kan controle worden uitgevoerd, zodat voor grotere gebieden toch iets over de betrouwbaarheid kan worden gezegd.

Kwaliteitsbegrip	Kwaliteitsbeschrijving
Actualiteit	Varieert per gebied, momenteel maximaal 2 jaar oud
Bemonsteringsinterval	Varieert per gebied, maximaal 4 m
Beschikbaarheid	vanaf voorjaar 2000 geheel Nederland
Betrouwbaarheid	Van afzonderlijke metingen zeer laag. Voor grote gebieden redelijk.
Meetdichtheid/puntdichtheid	Minimaal 1 pnt/16 m^2; 1 pnt/36 m^2 in bosrijke gebieden
Mutatiefrequentie	Afhankelijk van dynamiek terrein: 1 tot 5 jaar
Precisie	σ *(cm)* $X = 30$, σ *(cm)* $Y = 30$ σ *(cm)* $Z < 15$ *(indien geen dichte vegetatie)*
Toetsing	Er is een visuele controle van dwars- en langsoverlappen.
Validatie	A.h.v. steeksproefgewijze controlemetingen in onbegroeid terrein Uit de validatie wordt ook een a posteriori standaardafwijking (precisie) van het product bepaald.
Volledigheid	Alle niet-bebouwde gebieden zijn volledig gemeten volgens de beschreven puntdichtheid.

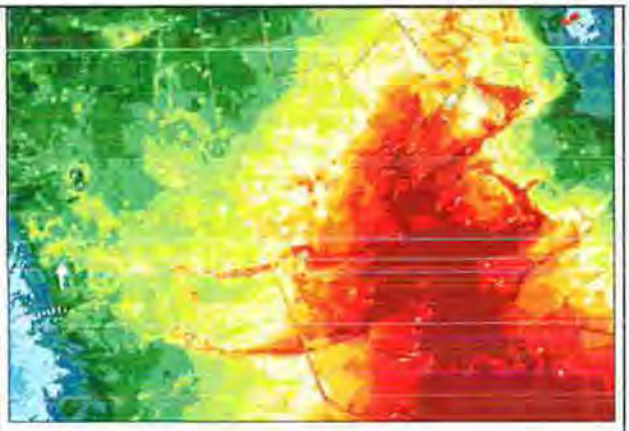
Met behulp van het AHN zijn landschapsvormen op allerlei schaal ontdekt en beschreven. Veel van deze landschapsvormen zijn terug te vinden op bodemkaarten, de geologische en geomorfologische kaarten, luchtfoto's en soms op historische kaarten. Bij nadere beschouwing van deze kaarten blijkt veelal dat ze slechts een deel van het verhaal vertellen. Dat ligt vooral aan doelstelling en de wijze van karteren. Het AHN geeft voor het eerst de mogelijkheid om landschapsvormen op elk gewenst schaalniveau in beeld te kunnen brengen en dat is nieuw. Dat wil ook zeggen dat de vorm zoals die op bijvoorbeeld de bodem- of geomorfologische kaarten staat aangegeven, met behulp van het AHN anders blijkt te zijn. Een voorbeeld van een dergelijke situatie is weergegeven in de twee plaatjes van Grote Slink - Bunthorst / Cleefs-Wit / de Sijp in Figuur 2. De klassieke interpretatie blijkt nu door het AHN te moeten worden herzien.

De nieuwe mogelijkheden van het AHN geven dus de ruimte om tal van bekende landschapsvormen nader te onderzoeken, maar laten ook door de wetenschap onbeschreven vormen zien. Bijvoorbeeld de enorme en complexe structuur die te zien is in Figuur 2 met een spanwijdte van meer dan 9 kilometer is tot nu toe de aandacht van de geomorfologie en bodemkunde ontsnapt. Op het geomorfologische kaartje in Figuur 2 is weliswaar te zien dat men delen ervan heeft herkend als

dekzand, maar het was nog niet mogelijk tot een sluitende conclusie te komen over de structuur als geheel.

Geomorfologische kaart:

Het door ons rode gekleurde gebied wordt wel gezien als klassiek voorbeeld van op zichzelf staande sikkelduinen, met van west naar oost smaller wordende armen.



AHN:

De hoogtekaart laat zien dat de armen juist van oost naar west smaller worden, omdat ze afkomstig zijn van een groot dekzandencomplex midden op de Peelhorst. Het zijn dus geen sikkelduinen, maar opgestoven meanderende takken van een stromingsstelsel.

Figuur 2 Vergelijking van interpretatie van landschapsvormen n.a.v. de geomorfologische kaart en het AHN.

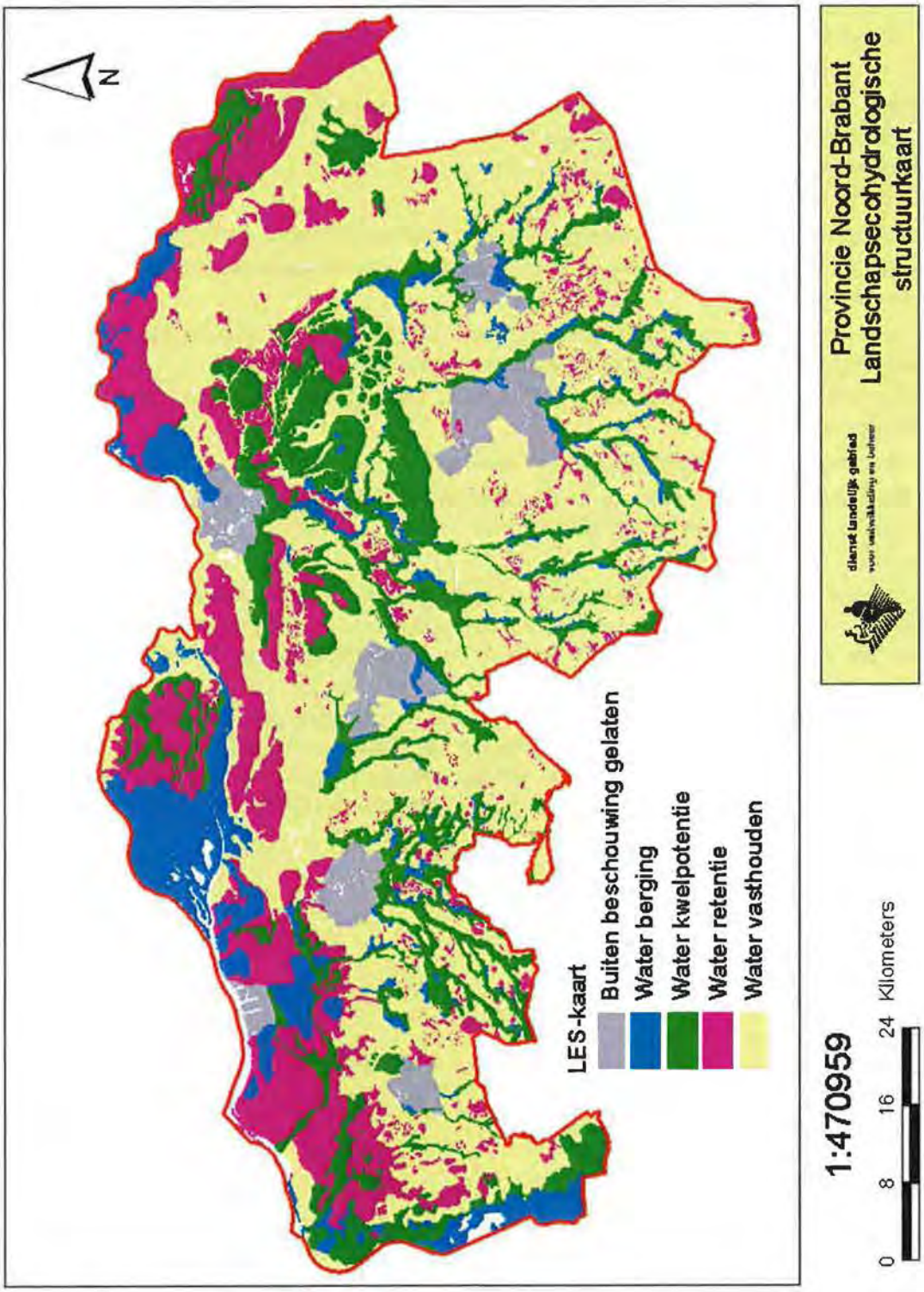
Een en ander brengt met zich mee dat in deze studie, door de intensieve bestudering van het AHN, velerlei vormen worden beschreven die in Brabant (en ook daarbuiten) zijn aangetroffen die nieuw zijn voor de wetenschap. In deze studie worden echter wel toetsbare hypothesen gepresenteerd die de ontdekte vormen verklaren.

Bij het opstellen van de Landschapsecohydrologische Structuurkaart zijn de aangetroffen structuren van wezenlijk belang voor het interpreteren van het landschap. Om die reden is in eerste instantie een zorgvuldige analyse gemaakt van deze vormen en zijn zij ondergebracht in een catalogus die verderop in dit rapport is opgenomen. Deze catalogus, tezamen met enkele basisprincipes, vormen de gereedschapskist waarmee men het landschap kan interpreteren.

In aanvulling op het AHN is gebruik gemaakt van vele bodemkaarten, de geologische en geomorfologische kaarten, historische kaarten, luchtfoto's en hydrologische- en vegetatiegegevens - zowel digitaal als analoog. In ArcView zijn deze gegevens gecombineerd tot één kaartbeeld: de Landschapsecohydrologische Structuurkaart.

3.5 De Landschapsecohydrologische Structuurkaart

Hieronder is een afbeelding opgenomen van de Landschapsecohydrologische Structuurkaart op provinciale schaal.



Figuur 3 Landschapsecohydrologische Structuurkaart

In de kaart zijn verschillende legenda-eenheden opgenomen:

- WATER VASTHOUDEN – in inzijggebieden en haarvaten vasthouden van water in het bodemprofiel. Voorkomen dat het snel wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater systeem.
- KWELPOTENTIES – locaties voor kwelafhankelijke en veenvormende vegetaties met hoge natuurwaarden.
- WATER BERGING – tijdelijk opslaan van gebiedsvreemd stromend water. Water overstroomt gereserveerde gebieden.
- WATER RETENTIE – langdurige inundatie, tot op het maaiveld, van natuurlijke laagten met niet stromend gebiedseigen water. Functie deels vergelijkbaar met KWELPOTENTIES.

Daarnaast is aangegeven voor welke delen van Brabant geen uitspraken zijn gedaan. Dit betreft de grote stedelijke gebieden zoals 's Hertogenbosch, Breda, Tilburg, Eindhoven en Helmond, en het industriegebied bij Zevenbergen.

Met betrekking tot de LES-kaart kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De LES-kaart is niet verkregen door gecompliceerde modelberekeningen maar eenvoudig toetsbare principes.
- Landschapsvorm en functie direct afgeleid van eenvoudige toegankelijke bronnen: AHN, luchtfoto's, historische kaarten, vegetatiegegevens en bodemkaarten.
- De LES-kaart is onafhankelijk van schaal: kan op elke gewenste detaillering worden uitgevoerd.
- De LES-kaart is onafhankelijk van een meetnet.
- De LES-kaart komt met een gereedschapskist zodat iedereen er zelf mee aan de slag kan op elke locatie, op elke schaal, op elk moment.

Daarnaast geeft de Landschapsecohydrologische Structuurkaart een samenhangend beeld van het watersysteem, waarbij aandacht is voor zowel diepe als oppervlakkige watersystemen, als geneste systemen. Zo kunnen ook alternatieve locaties voor waterberging en retentie in beeld worden gebracht.

De LES-kaart is op dit moment goed geschikt voor het ondersteunen van afwegingen op een wat grotere schaal. Voor nadere informatie op het niveau van natuurdoeltypen zal een detailstudie moeten worden verricht. De hier gehanteerde methodiek kan verder op detailniveau ingaan tot een schaal van ongeveer 1:10.000. Dat is 2,5x zo nauwkeurig als de huidige natuurdoeltypenkaart.

4 De ondergrond van Brabant.

4.1 Achtergronden van de geo(morfo)logie

In deze bijlage gaan we zeer beknopt in op enkele geo(morfo)logische aspecten die in het inleidende hoofdstuk niet nader zijn toegelicht. In eerste instantie wordt kort aandacht besteed aan de grote geologische eenheden van de Provincie Noord-Brabant en de voorkomende hoogteverschillen. Vervolgens komt de geomorfologie aan bod. In het landschapsecologisch deel wordt nader ingegaan op de wordingsgeschiedenis van de provincie.

Hieronder is een overzicht gegeven van de verschillende tijdsperioden in de laatste 2, 5 miljoen jaar (het Pleistoceen) en de afzettingen die daarbij horen. Deze perioden en afzettingen zullen veelvuldig in de rest van het rapport terugkomen.

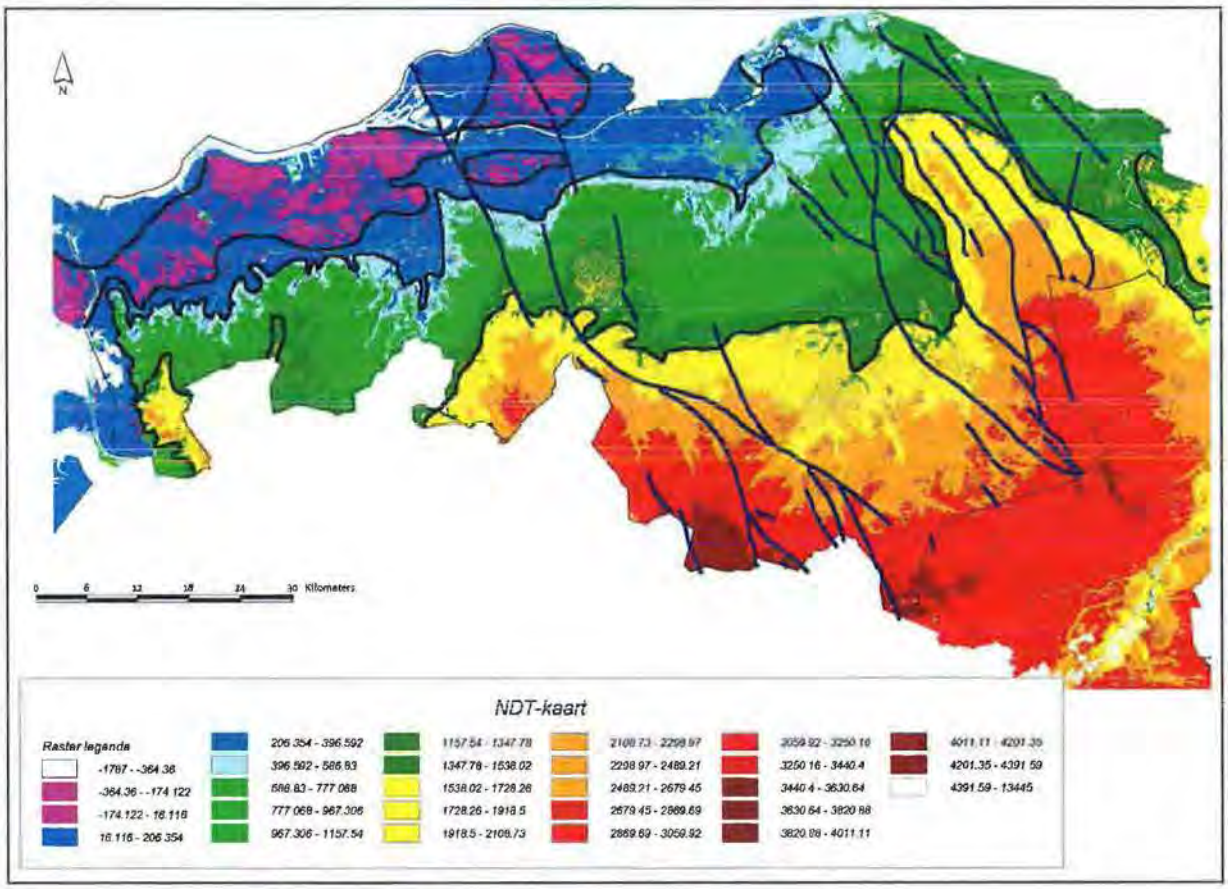
CHRONO- EN LITHOSTRATIGRAFIE VAN HET PLEISTOCEEN

					Yr BP
Holoceen	Subatlanticum			vochtiger; Forms.v.Griendsveen en Kootwijk	heden
					900
	Subboreaal			droger; Forms.v.Griendsveen en Kootwijk	3.000
	Atlanticum			warm en vochtiger; Forms.v.Griendsveen en Kootwijk	6.000
	Boreaal			warm en droog; Forms.v.Griendsveen en Kootwijk	7.000
	Preboreaal		Laat Preboreaal	Koel	9.600
			Rammelbeek fase		10.000
			Friesland fase		10.200
Laat Pleistoceen	Laat Glaciaal		Jonge Dryas	Jonger Dekzand II	11.000
			Allerod	Veen en dennenbos Usselolaag	11.800
			Oude Dryas	Jonger Dekzand I	12.000
			Bolling	Veen en leemlaagjes	13.000
	Pleniglaciaal	Boven Pleniglaciaal	Oudste Dryas	Oudere Dekzand II Beuningen complex Oudere Dekzand I	29.000
		Midden Pleniglaciaal	Denekamp	dekzand/veen/smelwaterafz./(Brabants)leem	32.000
			stadiaal	dekzand/veen/smelwaterafz./(Brabants)leem	37.000
			Hengelo	dekzand/veen/smelwaterafz./(Brabants)leem	39.000
			stadiaal	dekzand/veen/smelwaterafz./(Brabants)leem	43.000
			Moershoofd	dekzand/veen/smelwaterafz./(Brabants)leem	50.000
		Onder Pleniglaciaal	stadiaal	Lemig Dekzand	
	Vroeg glaciaal		Oddenrade	zand en ingeschakeld veen	58.000
			stadiaal	zand en ingeschakeld veen	
			Brorup	zand en ingeschakeld veen	65.000
			vroegstadiaal II	zand en ingeschakeld veen	
			Amersfoort	zand en ingeschakeld veen	68.000
			vroegstadiaal I		90.000
	Bavelien			Locale veen- en bodemvorming. Bem Form. Form.v.Asten	130.000
Midden Pleistoceen	Saalien			Forms.v.Veghel; Urk; Eindhoven	
			Stadiaal III	Forms.v.Veghel; Urk; Eindhoven	150.000
			Bantega	Forms.v.Veghel; Urk; Eindhoven	
			Stadiaal II	Forms.v.Veghel; Urk; Eindhoven	
			Hoogeveen	Forms.v.Veghel; Urk; Eindhoven	
			Stadiaal I	Forms.v.Veghel; Urk; Eindhoven	200.000
	Holsteinien			Forms.v.Veghel; Urk; Eindhoven	
	Elsterien			Forms.v.Veghel; Urk; Eindhoven	300.000
	Cromerien Complex			Forms.v.Veghel; Sterkel; Urk	800.000
Vroeg Pleistoceen	Menapien			Forms.v.Kedichem en Enschede	900.000
	Waalien			Forms.v.Kedichem en Harderwijk	1.200.000
	Eburonien			Forms.v.Kedichem en Harderwijk	1.600.000
	Tiglien			Forms.v.Maasluis; Tegelen; Harderwijk	2.200.000
	Pretiglien			Form.v.Merksem	2.500.000
Pliocoen				Forms.v.Oosterhout en Scheemda	

Figuur 4 Chrono- en lithostratigrafie van het Pleistoceen in Nederland

4.2 De hoogtekaart

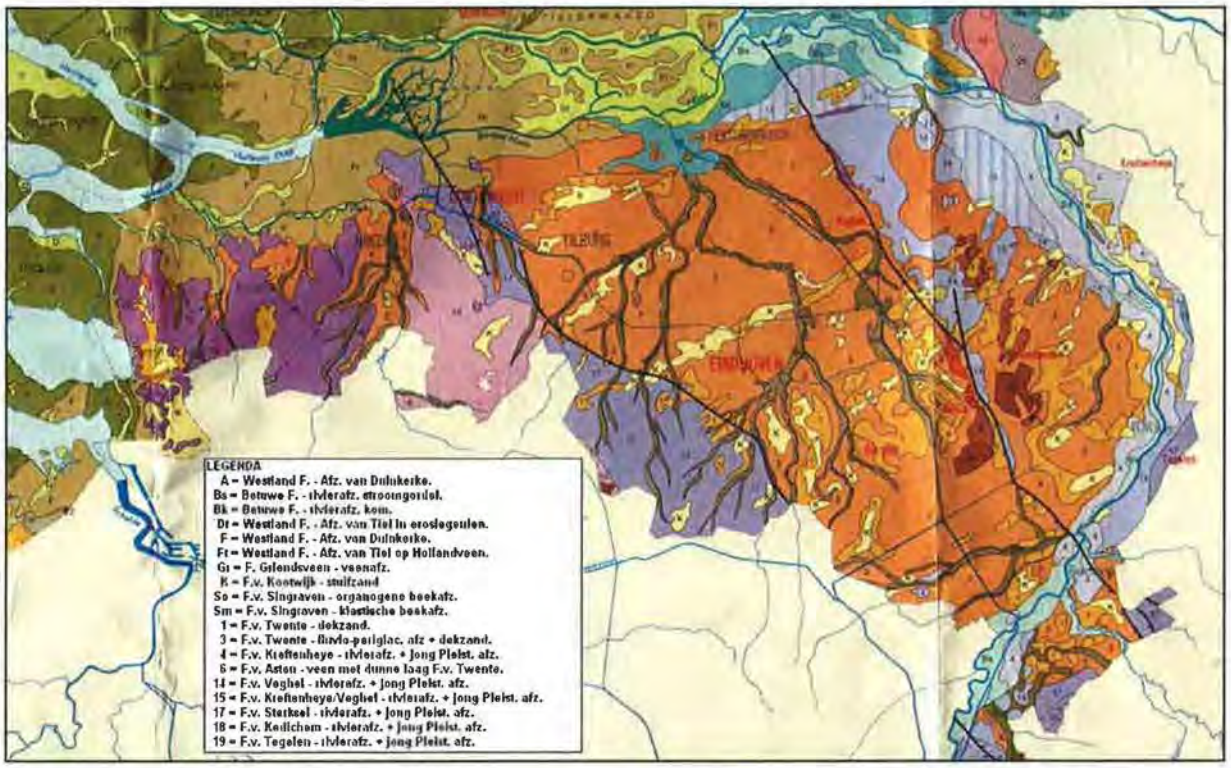
Prominent op de hoogtekaart (Figuur 5) is het hoge massief aan de zuidoost zijde van de Provincie, dat uitloopt in de Peelhorst. Ook de horst ten oosten van Tilburg: het Kempisch Plateau, en de Brabantse Wal zijn duidelijk herkenbaar. De Centrale Slenk, het gedeelte tussen de Peelhorst en het Kempisch Plateau, is zoals de kaart laat zien, vooral aan de noordoost zijde duidelijk gemarkeerd. Aan de zuid en westzijde is de slenk veel minder prominent en zijn de hoogteverschillen veel geleidelijker. De scheidingslijn tussen de kleuren groen en blauw markeert de "naad" van Brabant: de overgang van de zandgronden naar de zee- en rivierkleigronden. Binnen dit laatste gebied liggen - duidelijk herkenbaar aan de paarse kleur op de kaart- lagere delen waar ooit veen is weggehaald.



Figuur 5 Contourkaart (AHN) Provincie Noord-Brabant met de belangrijkste breuken.

4.3 De vereenvoudigde geologische kaart

De vereenvoudigde geologische kaart van Brabant (Figuur 6) toont duidelijk verschillende regio's aan: de Centrale Slenk, de Peelhorst en de Horst ten westen van Tilburg (zie Staalduinen en Van Veen 1975). Ten oosten en westen van Breda bevinden zich hogere plateaus, doorsneden door het Markdal. Net op de grens van de Zeeuwse wateren bevindt zich de Brabantse Wal. Naar het noorden is de provincie gemarkeerd door de overgang van zandige formaties naar de zee en rivierkleien.

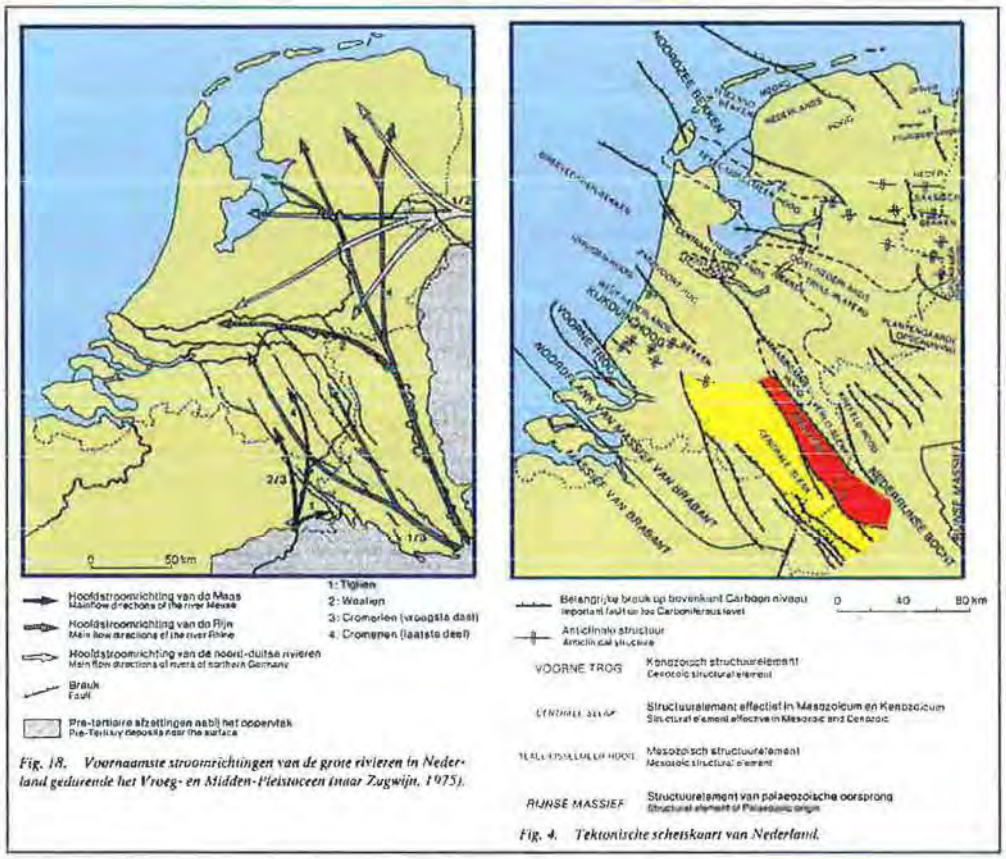


Figuur 6 Vereenvoudigde geologische kaart van de Provincie Noord-Brabant.(nav Rijksgeologische Dienst. 1975).

4.4 Algemene geologische geschiedenis van de Centrale Slenk.

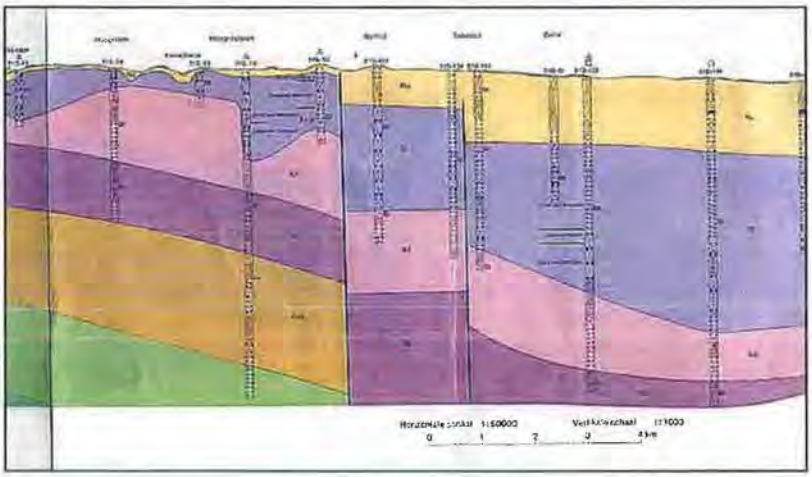
Breuken

Langs de "naad van Brabant" ontmoeten -zand- en -klei- elkaar. In het Pleistocene -zand- deel van Brabant is vooral de Centrale Slenk van bijzonder groot belang. In deze paragraaf wordt daar wat nader op ingegaan (zie o.a. Staalduinen en Van Veen 1975, Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie 1981, Bisschops 1973 en Bisschops et al. 1985, NITG-TNO 2001). In de loop van de geologische geschiedenis is door tektoniek een reeks breuken in de ondergrond van ons land ontstaan. Deze gedaalde, opgeheven of achtergebleven horsten en slenken hebben grote invloed gehad op het verloop van riviersystemen in dit deel van Europa. In Figuur 7 zijn de breuken en het verloop van de riviersystemen schematisch weergegeven.



Figuur 7 Verloop van belangrijkste breuken en verschillende lopen van de Nederlandse rivieren. (nav. Bisschops et al. 1985).

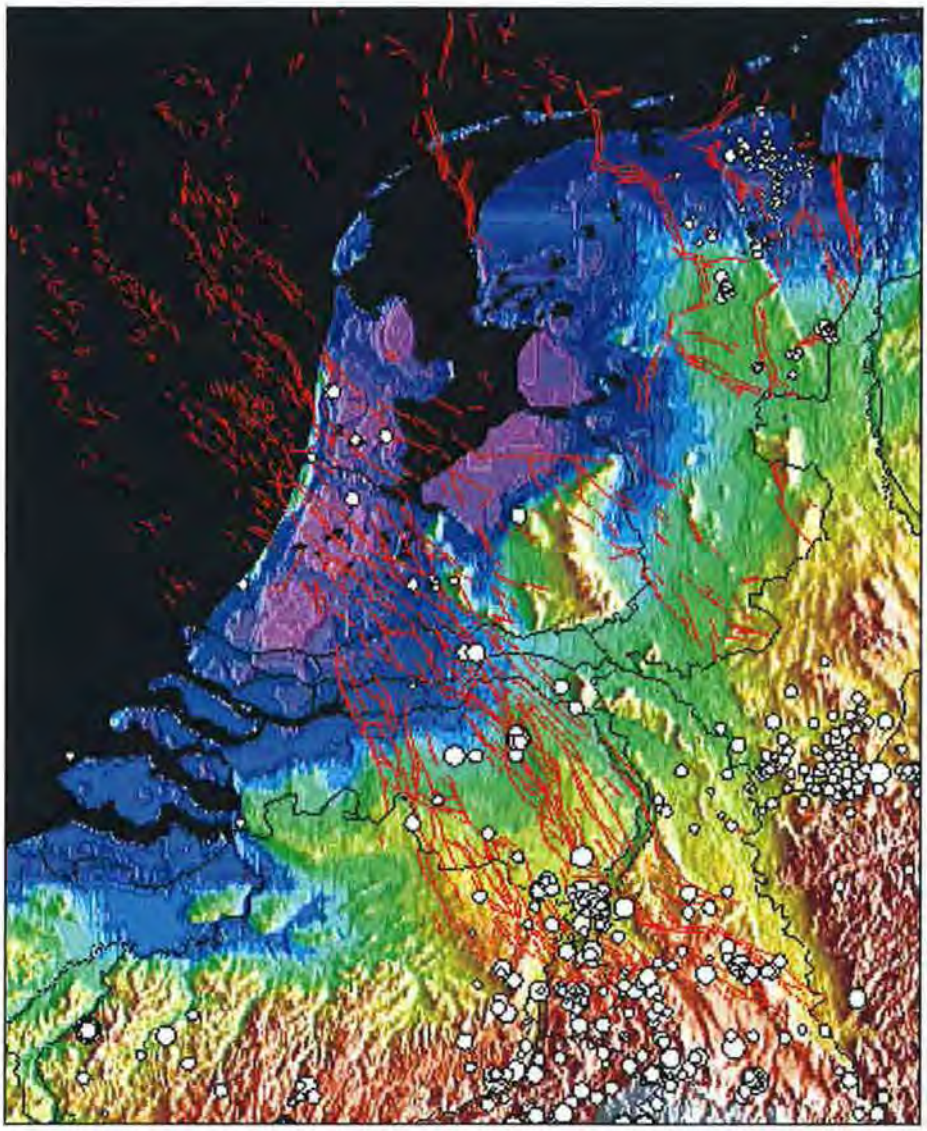
De vorming van de Centrale Slenk (eigenlijk Roerdalslenk) is in een aantal fasen verlopen. Het breukenstelsel is reeds ontstaan tijdens het Trias en de Jura perioden en is ook in de tijd daarna op verschillende momenten actief geweest. De laatste fasen waren in het Laat-Eoceen tot Vroeg-Oligoceen, in het Mioceen en ook nog recenter in het Plioceen. In het Kwartair is het gebied, dat inmiddels boven water lag, vooral tijdens het Pleistoceen bedekt geraakt met tal van sedimenten. Het zijn vooral deze afzettingen die vanuit ecohydrologisch oogpunt belangrijk zijn. Afzettingen uit het Holoceen komen bijna alleen voor in de beekdalen en plaatselijk op de hogere zandgronden.



Figuur 8 Dwarsprofiel aan de rand van de Centrale Slenk bij Wintelre, met daarin duidelijk de breuk en de verschoven delen (nav. Bisschops et al. 1985).

Deze breuken zijn aan het oppervlak niet of nauwelijks (meer) zichtbaar, maar tonen in de ondergrond grote verschuivingen in de geologische formaties (zie Figuur 8). Ook heden ten dage zijn

deze breuken nog actief. De Feldbiss-breuk vormt in Brabant de westelijke scheiding van de Centrale Slenk met het Kempisch Plateau. Nadat de zee in het Vroeg-Pleistoceen definitief uit dit deel van Nederland was verdwenen, werd hier door de Maas en de Rijn met hun zijrivieren een dik pakket sediment afgezet. De grindhoudende grove zanden van de Formatie van Sterksel (Rijn en Maas) dagzomen uitsluitend op het Kempisch Hoog. In de Centrale Slenk is de formatie bedekt door een enkele tientallen meters dik pakket jongere afzettingen. Tussen de Formatie van Sterksel en deze jongere sedimenten komen in het uiterste noordoosten van het kaartbladgebied afzettingen van alleen de Maas voor (Formatie van Veghel). Samen vormen deze twee afzettingen het eerste watervoerend pakket.



Figuur 9 Nederland in reliëf (uit: Berendsen en Stouthamer 2001). De breuklijnen zijn in rood aangegeven en de witte bolletjes zijn locaties van recente breukactiviteit.

Centrale Slenk

De Centrale Slenk is de sleutel voor het begrip van het oostelijk landschapsecologisch systeem van de Provincie Noord-Brabant. In feite vormt de Brabantse Centrale Slenk slechts een stuk van een veel langer en actief breukensysteem: de Roerdalslenk. De sedimenten in de Centrale Slenk zijn aangevoerd door de Rijn en door de Maas.

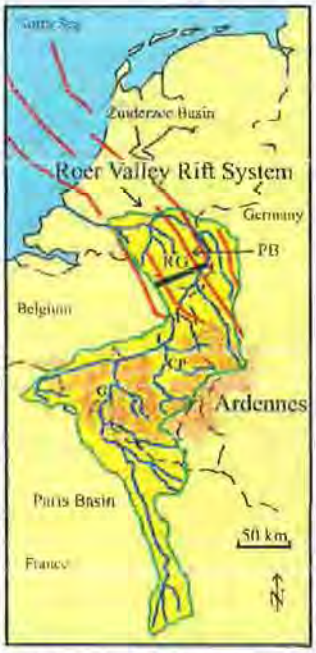


Fig. 1. Catchment of the Meuse river system. RG = Roer Valley Graben, PB = Peel Block, M = Maastricht, L = Liège, N = Namur, G = Givet, CP = Gembloux-au-Pont.

Het stroomgebied van de Maas en de aanvoerende zijrivieren

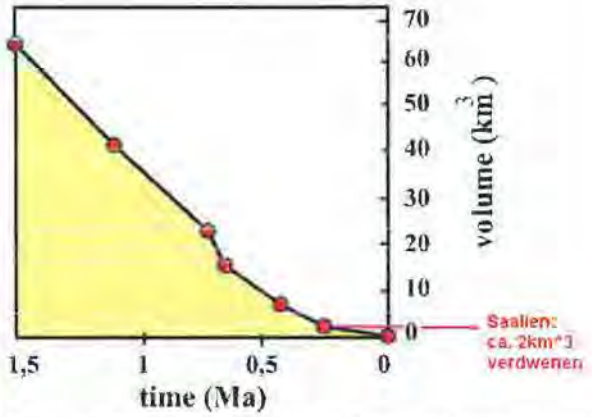


Fig. 2. Eroded volumes versus time determined from the terrace stratigraphy.

Hoeveelheid geërodeerd volume in de laatste 1, 5 miljoen jaar voor het stroomgebied van de Maas.

Figuur 10 Stroomgebied van de Maas en erosievolume (Naar Van Balen et al. 2002).

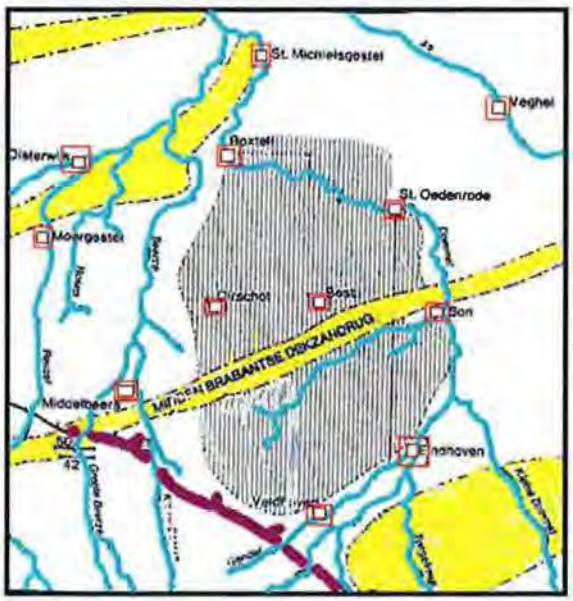
Van Balen *et al* (2002) hebben berekend dat sinds het Laat Oligoceen (ca. 25 miljoen jaar geleden) naar schatting 890 km³ materiaal uit dit stroomgebied is verdwenen en gedeponeerd in de Centrale Slenk en verderop tot in de Noordzee (Figuur 10). Aangenomen dat het deel van het stroomgebied waaruit de sedimenten afkomstig zijn ongeveer 20.000 km² groot is, dan is er een laag van ca. 45 m afgesleten. Sinds het Saalien (ca. 200.000 jaar geleden) is dat een volume van ca. 2 km³. Dat wil dan zeggen dat een laag van ca. 10 cm dikte is verdwenen sinds die tijd.

Nadat in het Glaciaal B van het Cromerien, ongeveer 450.000 jaar geleden, werd het gebied van de Centrale Slenk opgevuld met sedimenten van meer lokale oorsprong Deze opvulling hield min of meer gelijke tred met de voortgaande daling van de Centrale Slenk. Het merendeel van deze sedimenten, die zijn samengenomen in de Nuenen Groep, werd gedurende de koude perioden (glacialen) gevormd; de afzettingen uit de perioden met een warmer klimaat (interglacialen) spelen een ondergeschikte rol.

De Nuenen Groep is opgebouwd uit fijnzandige sedimenten, die worden afgewisseld met, soms enkele meters dikke, leemlagen. Lokaal komen veen-, gyttja- en kleilagen voor. Er is binnen deze afzettingen een onderverdeling gemaakt in vijf verschillende volgende karteerbare eenheden. De Pakketten I, III en V lijken sterk op elkaar. Pakket II betreft organogene afzettingen uit het Holsteinien, en Pakket IV is een podzolbodem uit het Eemien. Het belangrijkst zijn de Pakketten I, III en V. Pakket I betreft leemlagen uit het Elsterien, Pakket III is tevens een afzetting bestaande uit lemen en fluviatiel materiaal uit het Saalien; Pakket V bestaat hoofdzakelijk uit Weichselien afzettingen die zowel een eolisch als fluviatiel karakter hebben. Belangrijk zijn echter de lemen uit dit pakket, die een grotere verbreiding hebben dan de Saalien lemen: dit is de Brabantse leem.

De Brabantse leem (zie Figuur 11 en Figuur 12) bestaat grotendeels uit door de wind aangevoerd materiaal dat in ondiepe, vochtige depressies werd afgezet. Hierbij wordt veelal de term 'dooimeren' gebezigd. Sommige voorkomens van de Brabantse leem bezitten een dalgebonden genese; ten westen van Middelbeers bijvoorbeeld komt de leem voor in een brede geulopvulling. Aangenomen wordt dat de leem voornamelijk werd afgezet gedurende de perioden waarin de bodem permanent tot grote diepte bevroren was (perioden met 'permafrost'). Mineralogisch gezien wordt de Brabantse leem gekarakteriseerd als een löss-afzetting, die neersloeg in moerassige toendragebieden. Onderzoekingen aan de in de leem voorkomende zoetwatermollusken wijzen in de richting van extreem koude omstandigheden. De kaart laat zien dat de dikte van de leemlaag vanaf de breuk in noordoostelijke

richting toeneemt. Daarmee wordt ook de waterdoorlatendheid geringer. De op de geologische kaart weergegeven Brabantse leem werd grotendeels gedurende het Weichselien gevormd; enkele van de binnen handboorbereik voorkomende leemlagen kunnen evenwel uit het Saalien dateren. Bovenop de Brabantse leem ligt een als fluvioperiglaciale afzettingen gekarteerd pakket, dat gekenmerkt wordt door sneeuwsmeltwaterafzettingen, bevat een belangrijke eolische component; om die reden is de term 'fluvio-/eolische periglaciale afzettingen' in de legenda opgenomen. Ze bestaan uit matig fijn (150-212 um) tot matig grof zand (212-300 um), soms met zeer grofzandige (300-420 um) afzettingen.



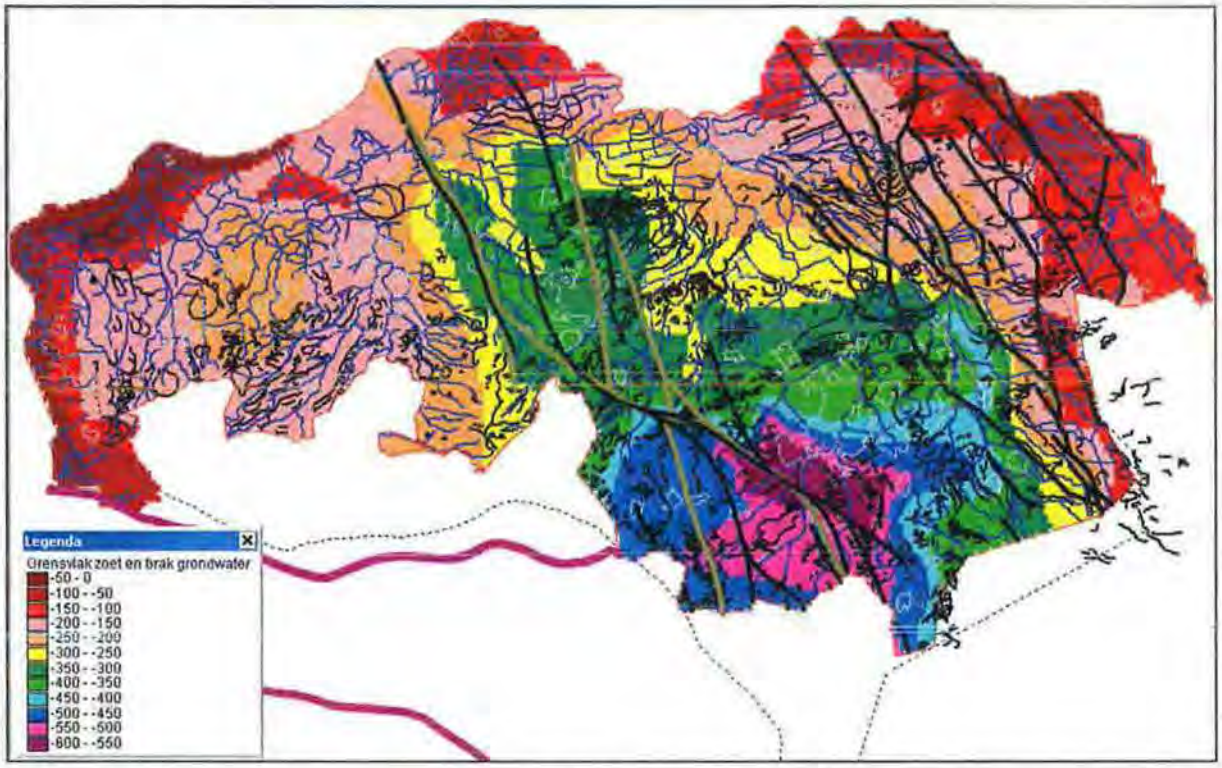
Figuur 11 Voorkomen van de Brabantse leem in de Centrale Slenk (nav. Bisschops et al. 1985).

Figuur 12 Diktekaart van de Brabantse leem aan de westzijde van de Centrale Slenk (nav. Bisschops et al. 1985).

Ook tijdens de bodemkartering zijn deze leemafzettingen aangetroffen. Dit is uiteraard op geringere diepte waargenomen dan in de geologische kartering, daarbij is gemeten tot een diepte van 4 m beneden maaiveld. Het betreft hier waarschijnlijk de top van de Brabantse leem. De ligging hiervan is belangrijk voor het ecohydrologische systeem. Het gehele gebied met Brabantse leem waterde slecht af. Geïsoleerd komen kleinere ingesneden fluvioperiglaciale zanden voor.

4.5 Zoet-zout scheidingsvlak

De geologische wordingsgeschiedenis en de erop volgende hydrologische factoren bepalen het chloridegehalte van de verschillende bodemlagen. Met name in het Eemien (130.000 - 110.000 BP), een interglaciaal (warmere periode tussen twee ijstijden) was er uitvoerige transgressie. Een groot deel van Nederland werd bedekt met het zoute zeewater. De bodem en de onderliggende aquifers raakten verzilt. Doordat dit verziltte water later deels werd vervangen door zoet grondwater, en doordat zoet grondwater het zout uit de bodemafzetting los spoelt, ontstond een uiterst grillig patroon van afwisselend zout, brak en zoet grondwater over Nederland. Het zoet/brak grensvlak ligt op enkele plaatsen in de duinen, onder de Utrechtse Heuvelrug, onder de Veluwe en met name in de Centrale Slenk zeer diep. Met name op deze laatste locatie ligt het scheidingsvlak het diepst (tot meer dan 500 m), in de rest van het land tot maximaal 300-400 m (Dufour 1998).

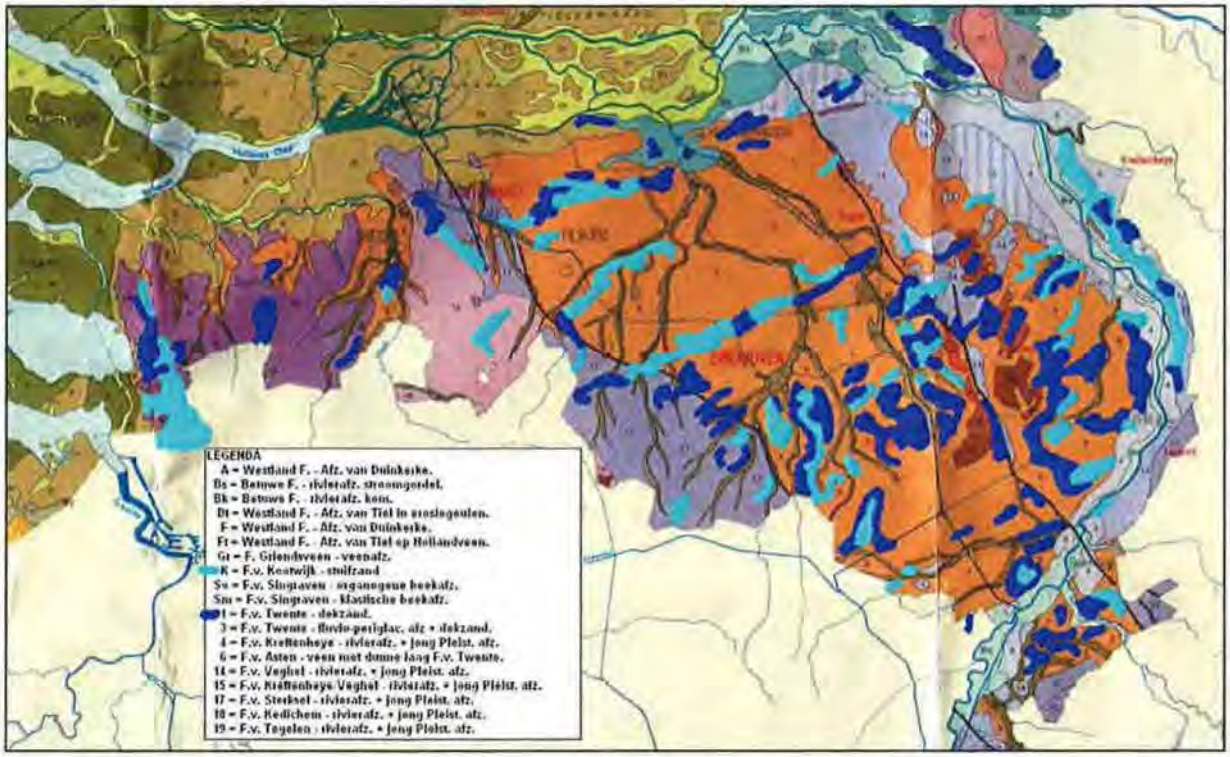


Figuur 13 Zoet zout scheidingsvlak onder maaiveld in de Provincie Noord-Brabant. (op basis van: Stuurman et al. 2000).

De vereenvoudigde kaart van het zoet-zout scheidingsvlak onder Brabant (Figuur 13) toont interessante onderscheiden regio's aan:in donker en licht rood en oranje zijn de gebieden aangegeven waar het zoet-zout scheidingsvlak zich op geringe diepte bevindt. Zo ligt uiteraard zoet-zout grens onder de gebieden die grenzen aan de Zeeuwse kust en onder de Biesbosch zeer dicht aan het oppervlak. Ook stroomopwaarts in het rivierengebied onder het gebied vanaf Ravensteijn tot Cuijk ligt het scheidingsvlak ondiep. Tenslotte is er een opmerkelijke locatie bij Deurne, waar het scheidingsvlak relatief dicht aan de oppervlakte ligt. Dit kan onder andere veroorzaakt worden door het gecompliceerde breukenpatroon ter plaatse.

Het zoet-zout scheidingsvlak ligt in de westelijke helft van de Centrale Slenk dieper dan in de oostelijke. Het diepste ligt het in het zuidwestelijk deel van de Centrale Slenk, onder de omgeving van Valkenswaard.

4.6 Dekzandstructuren.



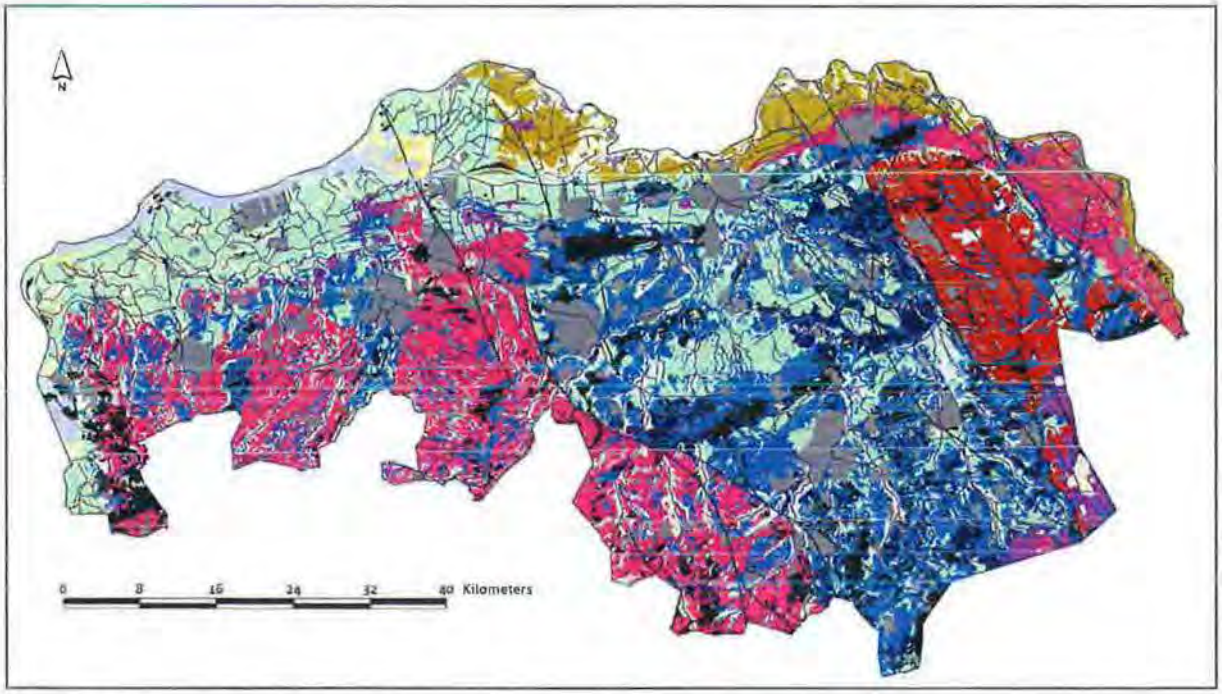
Figuur 14 Vereenvoudigde geologische kaart van de Provincie Noord-Brabant, met nadruk op de dekzanden (donkerblauw) en zanden van de Formatie van Kootwijk (lichtblauw) (bewerkt nav Rijksgeologische Dienst. 1975).

De geologische basis van de Centrale Slenk is hierboven behandeld. De dekzandvormen zijn echter aparte bestudering waard[22]. In Figuur 14 zijn op de Vereenvoudigde Geologische kaart, de dekzanden en de zanden van de Formatie van Kootwijk in donker, resp. lichtblauw weergegeven. Al deze structuren zijn ook goed te zien op de Geomorfologische kaart (Figuur 15) en op de 1:200.000 Bodemkaart van de Provincie Noord-Brabant (de zgn. NEBO-kaart; Figuur 16).

De geomorfologische kaart van de Provincie Noord-Brabant (Figuur 15) is bijzonder complex. Omwille van de leesbaarheid is het grote aantal legenda-eenheden enigszins gereduceerd. Zo zijn alle horstdelen rood; storthopen en landduinen zwart; dekzandvormen middel of donkerblauw; veenafzettingen paars; (dalvormige) laagten en getijdenvlakten zeer lichtgroen; rivierafzettingen geelbruin; terrasvlakten donkerroze; beekdalen zeer lichtgrijs; en bebouwing donkergrijs. Breuken zijn als zwarte lijnen aangegeven.

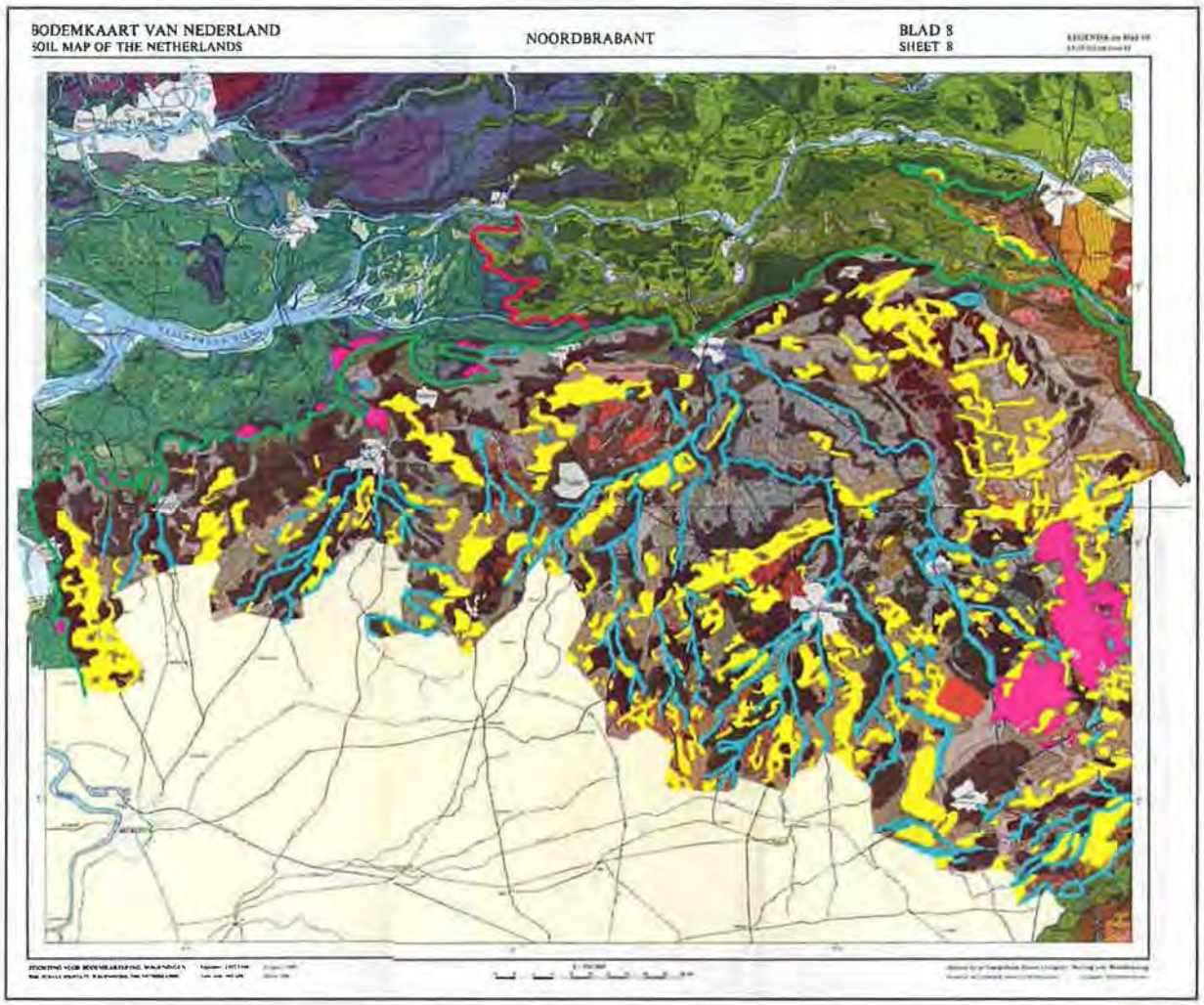
Op de NEBO-kaart (Figuur 16). vallen enkele zaken op: er wordt een tweedeling in "Dekzanden" enerzijds en "Zanden van de Formatie van Kootwijk" anderzijds aangehouden. Kijkend naar deze kaart lijken deze formaties op grond van hun plaats in het landschap elkaar aan te vullen of liggen bovenop elkaar. Verder vormen de dek/stuifzandruggen langgerekte en soms complexe systemen. Deels lopen de ruggen schuin: zuidwest-noordoost; deels haaks daarop: zuidoost-noordwest.

[22] Bij deze beschrijving is veel gebruik gemaakt van de twee geologische kaartbladen van dit gebied: Bisschops, J.H., Broertjes, J.P. en Dobma, W. 1985. Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Eindhoven West (51W). Rijksgeologische Dienst Haarlem. En Bisschops, J.H., 1973. Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Eindhoven Oost (51O). Rijksgeologische Dienst Haarlem.



Figuur 15 Vereenvoudigde geomorfologische kaart van de Provincie Noord-Brabant.

- De zuidwest-noordoost lopende ruggen zijn vanaf de Maas gerekend
- Eerst de Loonse en Drunense Duinen, zich vervolgend in de dekzanden van de Nulandsche Heide en tenslotte het Herperduin.
- Een tweede reeks loopt vanaf Landgoed Gorp onder Goirle, onder Oisterwijk, tot en met de Kampina.
- De derde is de langste en meest smalle rug: van de Neterselsche Heide, Westelbeers, onder Oostelbeers: de Oostelbeersche en Straatsche Heide, de Oirschotse Heide, onder Best langs, de Nieuwe Heide, boven Son en Breugel langs, de Lieshoutsche Heide tot het Hurkske.
- Verder lopen tal van ruggen op de Peelhorst van zuidwest naar noordoost en ook de Bedafsche Bergen lopen in die richting.
- De zuidoost-noordwest lopende ruggen
- Onder Eindhoven loopt een enorm complex van zuidoost-noordwest georiënteerde dekzandruggen.
- Tussen Oosterhout en Teteringen: de Vrachelse Heide, voortgezet in Boswachterij Dorst, zuidwest onder Rijen langs naar de Molenschotse Heide.
- De rug van de *Tommelsche Heide*, die langs Baarle-Hertog en -Nassau, via het *Goordonk* (moerasbos op een hoogte!) naar de *Alphense Bergen* loopt.
- De dekzandrug van de *Strijbeeksche Heide*.
- Recht vanuit het zuiden naar het noorden naar Breda loopt een systeem dat eerst tamelijk diffuus is met kleinere delen zoals de *Meerselse Bergen*, maar tenslotte haar volle omvang bereikt op de *Galdersche Heide* en het *Mastbosch*.
- De Brabantse Wal bij Bergen-op-Zoom.



Figuur 16 Dekzanden (geel, waterlopen (licht blauw) en veen (paars) op de bodemkaart van de Provincie Noord-Brabant (1:200.000 NEBO-kaart).

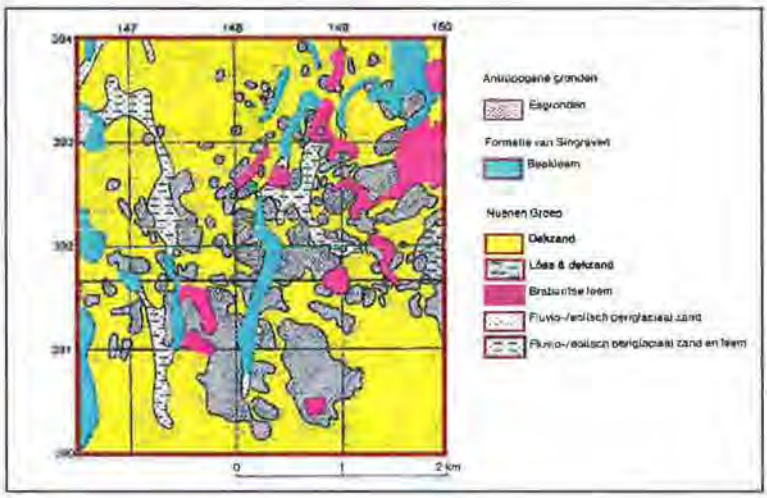
Het Boven-Pleniglaciaal, de periode waarin de dekzanden zijn afgezet, was een zeer koude en droge tijd; de gemiddelde julitemperatuur lag vermoedelijk onder de 5 graden C. De toen gevormde eolische afzettingen worden deels als löss en dekzand op de geologische kaart weergegeven; plaatselijk gaat deze eenheid over in dekzand zonder meer. Veelal is de top van de Brabantse leem, waar deze overgaat in de dekzandafzetting kryoturbaat vervormd. De afzetting komt overeen met het 'Oud dekzand' uit Midden- en Oost-Nederland. Het leemarme dekzand, dat als een deken over de oudere afzettingen heen ligt, dateert grotendeels uit het Last-Glaciaal ('Jong dekzand').

De genese van de dekzanden wordt in de *Toelichting bij de Geologische Kaarten 51 Oost en West*, gezien in de vorm van een droog eolische afzetting. Dit heeft echter vooral betrekking op de transportwijze. Een deel van het zand, de grove fractie, zou salterend over het oppervlak zijn verplaatst, terwijl de fijnere fractie door de wind is opgetild. Het zand is over het algemeen van lokale herkomst. Gezien de geringe aanwijzingen voor afspoeling bevatte de bodem waarschijnlijk geen permafrost. De auteurs van de *Toelichting bij de Geologische Kaart* veronderstellen dat de plaats waar deze dekzandruggen uiteindelijk gevormd zijn te maken heeft met de overheersende windrichting. De Midden Brabantse Dekzandrug, die van zuidwest naar noordoost dwars vanaf de horst over de Centrale Slenk loopt zou volgens hen ook op deze wijze zijn gevormd. In de volgende paragrafen en hoofdstukken zal worden geïllustreerd dat de denkbeelden over de totstandkoming van dekzandruggen bijgesteld moet worden en dat water daarbij een wezenlijke rol speelt.

4.7 Holoceen

Met een belangrijke stijging van de gemiddelde juli-temperatuur begon ongeveer 10.000 jaar geleden het Holoceen. Tal van nieuwe afzetting kwamen op de Pleistocene sedimenten te liggen. De laatste resten van de 'permafrost' verdwenen en de subarctische toendravegetatie maakte plaats voor een gesloten plantendek dat al spoedig overging in een bosvegetatie. In de lage terreindelen werd eutroof veen gevormd (Formatie van Singraven). In de depressies van de hogere gronden zoals pingoruïnes, werd gyttja en oligotroof veen gevormd (Formatie van Griendtsveen). Dit veen dat steeds een betrekkelijk beperkte omvang had, is grotendeels door afgraving verdwenen.

Tijdens het Holoceen kwam op de hogere dekzandruggen plaatselijk weer zandverstuivingen op gang. Bij deze verstuivingen zijn duinen gevormd, (Formatie van Kootwijk), waardoor plaatselijk een zeer geaccidenteerd oppervlak is ontstaan. Deze stuifzanden onderscheiden zich van de dekzanden onder meer door een lossere pakking, en door het ontbreken van een volledig ontwikkeld bodemprofiel. In de Centrale slenk is een aantal van dergelijke stuifzandruggen te onderscheiden: bij Oirschot, de Kampina en de Loonse en Drunense Duinen. Al deze ruggen lopen min of meer zuidwest-noordoost. Stuifzandgronden komen alleen in het noorden van het gebied (rond het Rouwven) voor.



Figuur 17 Essen in de buurt van Oirschot.

De gangbare opvatting is dat deze verstuiving het gevolg is van een combinatie van klimatologische factoren, plaggen en strooiselroof (mens). Dit is maar deel van het verhaal. Inderdaad zijn mensen door klimatologische omstandigheden gedwongen om van de hogere delen naar de laagste delen te verhuizen, waar ze enorme wateraf- en aanvoersystemen hebben aangelegd. Deze hebben geleid tot een aanzienlijke peilverlaging in de dekzandruggen, waardoor de bovenzijden van de ruggen konden verdrogen en verstuiven.

Ook zijn de ideeën over strooiselroof ten behoeve van potstallen en essen nogal overspannen. In grote delen van Brabant hebben vrij veel gronden door potstalbemesting een dikke minerale eerdlaag gekregen. Meestal zijn het vrij grote, aaneengesloten oppervlakten, geconcentreerd rondom dorpen en buurtschappen. Op sommige locaties is de minerale eerdlaag wel meer dan een meter dik (omgeving Hoogeind). Dergelijke esdekken komen in 'zwermen' voor. Een groot deel van deze esstelsels grenzen aan beekdalstelsels, maar er zijn uitzonderingen: bijvoorbeeld in de zone Spoordonk-Oirschot-Best-St.Oedenrode, zijn ten noorden van de Midden Brabantse Dekzandrug, geen beekdalstelsels van enige omvang aanwezig. Hier bestaat de ondergrond uit löss/leem gronden met een behoorlijk watervasthoudend vermogen. Dit doet zich ook ten zuiden van de Midden Brabantse Dekzandrug voor: ook hier zijn esgronden niet gebonden aan beekdalstelsels, als gevolg van de lemigheid van de ondergrond. In de genoemde noordelijke zone is een voorkeur waargenomen voor akkers op geïsoleerde dekzandkopjes en -ruggetjes. Dit zijn de zogenaamde éénperceelsessen van soms nog geen hectare groot. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 17.

Recent is door Vera in "Brabants Heem" het voorkomen van potstallen in deze provincie onderzocht en de wijze waarop esdekken zijn ontstaan[23]. Op grond van Vera's onderzoek via archeologie en archiefbronnen kan niet de conclusie worden getrokken dat de potstallen voor 1750 bestonden, maar het bestaan kan volgens hem uiteraard ook niet worden uitgesloten. Het aanmaken van mest en het strooien van zand in combinatie met de bemesting met heideplaggen verklaart volgens Vera de snelle ophoging van de esdekken in de 19e eeuw: De agrarische hoogconjunctuur maakte het vanaf einde 18e / begin 19e eeuw mogelijk boerderijen in steen op te trekken en dus eenvoudig diepe potstallen te bouwen. Tot begin 19e eeuw dus een extensief landbouwsysteem, met weiden en akkers door elkaar - uitgeputte akker liet men liggen tot weiland en weiden scheurde men tot akkerland; zo was minder mest nodig. In de eerste helft van de 19e eeuw bestonden dus oud en nieuw naast elkaar en in de tweede helft van de eeuw werd de potstaleconomie verder geperfectioneerd. Nieuw onderzoek via de OSL-methode kan achterhalen wanneer een zandkorrel voor het laatst minimaal 2 jaar lang aan licht is blootgesteld geweest. Dit zal opheldering geven in de discussie over deze esdekken.

De dekzandruggen waarop dergelijke esdekken ontstonden waren dus voor de eerste boeren kennelijk de beste plaatsen vanuit een hydrologisch opzicht, om landbouw te bedrijven. Het omringende land was wellicht of te nat of te zuur (heide) en de dekzandruggen hadden weliswaar minder nutriënten, maar wel voldoende vocht, door een constante regionale en lokale kwel. Door de dekzandruggen van potstalmest te voorzien werd niet alleen het watervasthoudend vermogen van de grond beter, maar werden vooral nutriënten toegevoegd.

[23] Vera, H. 2002. Potstallen en Esdekken. Brabants Heem [42]2:55-66

5 Landschapsecologie

5.1 Inleiding.

Er zijn geen Provinciebrede landschapsecologische rapporten beschikbaar. Door TNO zijn uitstekende hydrologische onderzoeken verricht, ook op Provinciaal niveau[24], welke zijn vooraf gegaan door de COLN-rapporten, die qua visie en inzet hun tijd ver vooruit waren[25]. Ook in de verschillende landinrichtingsprojecten is erg veel tijd en geld geïnvesteerd om de hydrologie, bodem, vegetatie en cultuur nauwkeurig te beschrijven[26]. Toch zijn er geen daadwerkelijk integrerende rapportages verschenen, waarin alle bovengeschetste factoren op het niveau van de Provincie Noord-Brabant zijn samengenomen.

Hoewel Brabant nooit door ijs bedekt is geweest, vertoont het toch vele sporen van vroeger smeltwater. En hoewel het de roep heeft een droge provincie te zijn, hangt praktisch alle reliëf met water samen. Bergen komen in ons land alleen in plaatsnamen voor, maar de hoogste berg is minder hoog dan de kuil met 500 m zoet water onder Eindhoven. Nergens anders reikt dat zo diep.

Dat alles had en heeft gevolgen voor het grondgebruik, de waterbeheersing, de flora en de fauna. De omgang daarmee is nooit probleemloos geweest - Bilderdijk hekelde in 1825 al de "Romeinsche hoogmoed", die verantwoordelijk zou zijn voor bodemdaling:

"Maar, trotsaards, die Gods werk verwoest,
Voor eigen hersenvonden,
Ziet eindlijk wat uw wijsheid wrocht
Aan 't zinken van uw gronden." [27]

De Romeinse hoogmoed moge plaats hebben gemaakt voor veronderstelde autochtone bescheidenheid, 't zinken van onze gronden is er niet minder op geworden. En dat, tezamen met klimaatsveranderingen, leidt tot problemen, waarvoor men thans aan alle kanten oplossingen zoekt. In die stroom van "hersenvonden" wil dit rapport een bijdrage leveren vanuit een landschapsecologisch perspectief, vanuit begrip van het landschap en de onderliggende processen.

Sinds de teloorgang van het Paradijs is daar overigens veel menselijk werk èn vernuft in gestoken en sinds 1850 verstaan geografen en biologen onder landschap dan ook *"stufenweise integrierte Lokalsysteme von Faktoren aller Naturreiche"*, waarbij ook het menselijk handelen, product van dat hersenvonden, als onderdeel van *"alle Naturreiche"* wordt beschouwd[28]. Onderstaande figuur illustreert dat besef.

---

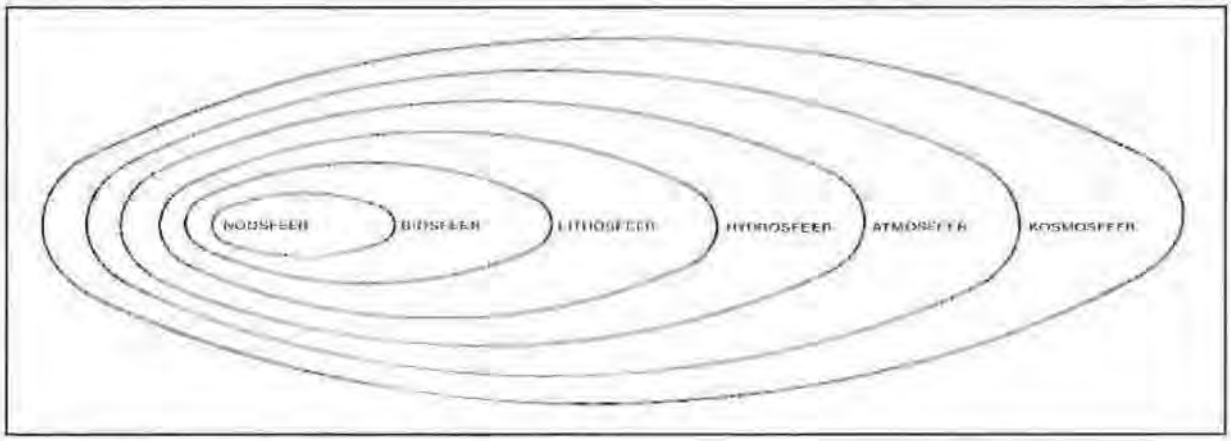
[24] Stuurman 1993, Stuurman en Atari 1996, Stuurman et al. 1990, 2000 en DGV-TNO 1990) en ook in Van Ek et al (1997) zijn brede verkenningen gedaan

[25] Kouwe en Vrijhof 1958 (zie voor verdere literatuur ook Mol 1986)

[26] zie b.v. Dirkx en Soonius 1991 en 1993, LB&P 1994, Leenders 1991, 1992 en 1998.

[27] Gecit. in H.Blink (1906): Mr. Willem Bilderdijk schrijver der eerste "geologie" in het Nederlandsch. TKNAG 23:877-918.

[28] Aldus de Koningsberger filosoof Rosenkranz in 1850 (gecit. in J.Schmithüsen (1968): Der wissenschaftliche Landschaftsbegriff. In: R.Tüxen (ed.): Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie, p.23-34. Den Haag.



Figuur 18 Hiërarchie van werkingssferen[29].

Daarin is aangegeven, dat de werkingssfeer van de mens, de noösfeer, afhankelijk is van alle bovenliggende sferen. Dat wil niet zeggen, dat die niet beïnvloed kunnen worden door menselijk handelen. Zelfs de kosmosfeer kan buitengesloten worden - men kan de Zuiderzee afdammen om de invloed van de maan, i.c. de getijden, te keren. De prijs daarvoor, overigens, is o.m. een zandtekort in de Waddenzee van ca 1 miljard m^3 en dat vertaald zich als aantasting van de kusten van de eilanden en het vasteland[30].

Bij deze studie hebben we getracht om met behulp van informatie uit de hydrosfeer tot en met de noösfeer een beeld te krijgen van de "natte ordening" van Noord-Brabant. Dat wil, uiteraard, niet zeggen, dat de atmosfeer en de kosmosfeer daarbij geen rol spelen - zelfs binnen de provinciegrenzen komen verschillen voor in de omvang van het neerslagoverschot, die, bijvoorbeeld, bepalend zijn voor de aard en de omvang van veenvormende vegetaties. En zonder zeedijken zou Etten-Leur de zeehaven van Breda kunnen zijn. Maar voor deze studie kunnen we ze buiten beschouwing laten.

Uitgangspunt daarbij is de lithosfeer en de interacties met de hydrosfeer. Omdat uit eerder onderzoek was gebleken, dat het dekzandreliëf in hoge mate bepaald is door de waterhuishouding tijdens de laatste IJstijd[31] is de AHN[32] als basis voor de gebiedsbeschrijving gebruikt. Daarbij werden tot dusverre nog onbeschreven geomorfologische structuren ontdekt. Over het ontstaan daarvan opperen we hypotheses, maar belangrijker lijkt hoe ze in ecohydrologische zin in het landschap functioneren. Ook dat wordt in dat hoofdstuk beschreven. De veronderstellingen over dat functioneren konden worden getoetst aan de hand van voorkomens van planten, bodemkaarten, hydrologische waarnemingen en, niet in het minst, aan het vroegere grondgebruik.

In de tekst hierna worden op verschillende plaatsen kaarten gepresenteerd waarin de interpretaties van de verschillende landschapsvormen worden getoetst middels het voorkomen van kwelindicerende plantensoorten. Voorbeelden zijn te zien in Figuur 40, Figuur 50 en Figuur 56. Daar de karteringen nog niet de gehele Provincie Noord-Brabant dekken, zijn er niet overal mogelijkheden om een dergelijke toets uit te kunnen voeren.

Toepassing van de interpretatie van de landschapsvormen resulteerde in de Landschapsecohydrologische Structuurkaart. In Figuur 19 zijn vervolgens deze kwelindicatoren op de eindkaart geprojecteerd. Uit deze vergelijking komt naar voren dat de door ons gehanteerde interpretaties van de verschillende landschapsvormen in gestaafd lijken te worden door het actueel voorkomen van kwelindicerende plantensoorten. Dat is tevens een indicatie van de robuustheid van de beschreven systemen, die ondanks alle ingrepen dus toch nog blijken te kunnen functioneren.

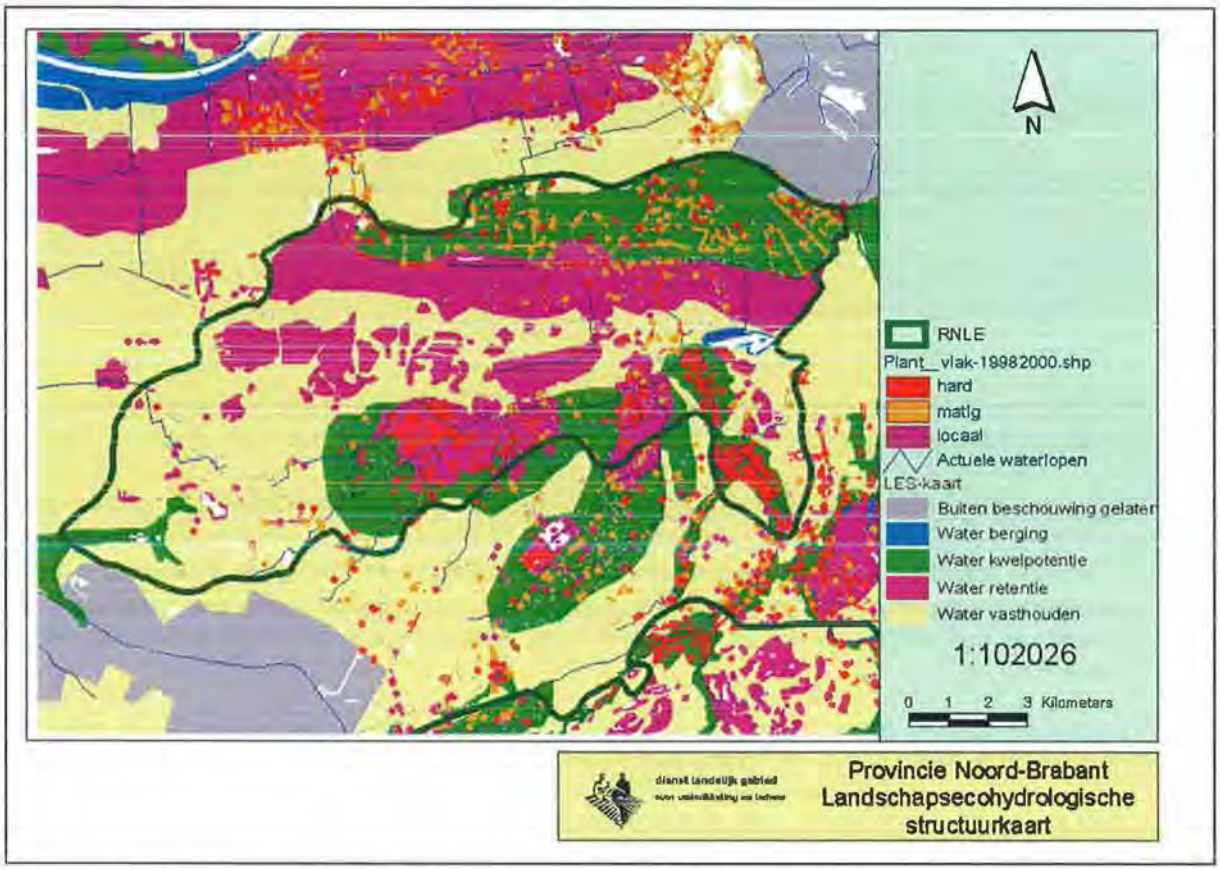
---

[29] Ontleend aan P.J.Schroevers (red.) (1982): Landschapstaal. Een stelsel van basisbegrippen voor de landschapsecologie. Wageningen.

[30] J.Th. Thijsse (1950): Veranderingen in waterbewegingen en bodemreliëf in de Waddenzee. TKNAG 67:334-344.

[31] G.J.Baaijens & K.R. de Poel (1992): Ecologische gradienten. In: K.R. de Poel (red.)Hackfort - een onderzoek naar vormen van aangepaste landbouw in een zandgebied. COAL-publ. Nr. 53. DLO-Staringcentrum, Wageningen , p. 104-123.

[32] Actuele Hoogtekaart van Nederland. Dit bestand is opgebouwd uit pixels van 5x5 m.



Figuur 19 De Landschapsecohydrologische Structuurkaart en kwelindicatoren.

Voor wat betreft dat laatste: één van de aardigste bijproducten van het onderzoek uit de jaren '80 naar mogelijkheden voor aangepaste landbouw[33] was de ontdekking, dat nog tot een recent verleden op grote schaal bevloeid is in ons land. Tegen de opheffing van de laatste werken, rond 1950, is nog krachtig geprotesteerd[34]. Dat was bij de eerste aantastingen overigens ook al het geval[35] en de boerenargumenten werden met dezelfde (drog-)redenen afgedaan als een kleine 50 jaar eerder: de boeren wisten niet wat goed voor ze was en tegen het voorrecht nu ook kunstmest te moeten gaan kopen om de gehalveerde opbrengsten[36] weer op peil te brengen wogen de te betalen waterschapslasten gemakkelijk op...

Uiteraard wisten die boeren heel wel wat goed voor ze was - wie dat niet wist, ging dood van de honger. Die nood maakte vindingrijk. Als we dan ook wat beter kijken blijkt, dat men al in de middeleeuwen een gedegen empirische kennis had van het landschap waarin men de kost trachtte te verdienen en kennis van de wijze waarop het systeem benut werd draagt dus bij aan een beter begrip van dat onderliggende stelsel. Een andere reden is dat voor veel problemen al oplossingen bedacht waren: hoge afvoeren deden zich ook vroeger bij tijd en wijle voor, net als droge tijden. Die oplossingen zijn in het algemeen nog steeds bruikbaar, maar kennelijk zozeer vergeten, dat ze nog in geen enkele studie beschreven zijn.

---

[33] K.R. de Poel (red.): Hackfort - een onderzoek naar vormen van aangepaste landbouw in een zandgebied. COAL-publ. Nr. 53. DLO-Staringcentrum, Wageningen.

[34] W.W. de Jong (1949): Geografische aantekeningen uit de gemeente Steenderen en Bronkhorst. TKNAG: 66: 1-33.

[35] H.J. Lovink & A.A.Nengerman, bijl. A in A. Déking Dura (1901): Ontwerp voor de voltooiing van de verbetering van de Schipbeek, voor de verbetering van de Buurserbeek en van de Bolksbeek. Zwolle.

[36] Die opbrengstdaling valt af te leiden uit de daling, tegen de economische trend in, van de pacht- en koopprijzen van de lagere gronden, ooit de hooischuur voor een ruime omgeving , in dit gebied na de ingrepen aan Schipbeek en Berkel. Zie Directie van den Landbouw (1917): De invloed van den waterafvoer op het Nederlandsche landbouwbedrijf. Versl. en med. van de directie van den landbouw no. 1. Den Haag.

Onbekendheid met functie en functioneren van die oudere stelsels heeft er toe geleid, dat bij alle als "verbeteringen" gepresenteerde ingrepen van de laatste ca 100 jaar telkens weer dezelfde fouten zijn begaan. Dat leidde, enerzijds, tot omvangrijke verdroging, terwijl, anderzijds, natte plekken bleven voortbestaan. Op die laatste trad verzuring op. De eerste signalen op dat punt dateren voor landbouwgronden al van rond 1900[37] en voor aangrenzende bossen uit de jaren '30 van de vorige eeuw[38], nog voor van omvangrijke luchtverontreiniging sprake was. Waterkwaliteit en -kwantiteit zijn kennelijk met elkaar verbonden. Reden daarvoor in dit verband is, dat bij berging van water, op wat voor wijze dan ook, kwalitatieve aspecten van natuur en landschap in het geding kunnen zijn.

5.2 Vormen in het landschap.

Ruim een halve eeuw geleden werd voor het eerst attent gemaakt op verbanden tussen het reliëf van het dekzand en eigenschappen van de diepere ondergrond. Bij verkenningen van de Peelhorst bij Roermond ten behoeve van de kolenwinning werd het voorkomen van enkele breuken, w.o. de Peelrandbreuk, bepaald aan de hand van dekzandophopingen[39]. Achter door versmering slecht doorlatende breukvlakken werd water opwaarts gestuwd; in de vochtige vegetatie vond accumulatie van zand plaats[40]. Winkelaar vond ook volledig door dekzand afgesnoerde en opgevulde vroegere beekdalen. Op dat punt was Lorié hem voor Brabant overigens al voorgegaan[41]. Het verschijnsel is tamelijk algemeen; voor het Drents Plateau is het eveneens beschreven[42].

Omkering van het reliëf als gevolg van invang van zand door vochtige vegetaties werd als eerste beschreven door De Roo & Harmsen[43] en Schelling[44]. De laatste hanteert voor zandverstuivingen een typologie voor duinvormen, die ontleend is aan die van Van Dieren voor de jonge duinen van Terschelling[45]. De enige nieuwe vorm - en die is in dit verband het meest interessant - is het fort, een min of meer vlakke hoogte, die ontstaat door invang van zand in een vochtige of natte omgeving.

Hoewel de Gelderse Vallei nat genoeg was, onderscheidden Maarleveld & Van der Schans hier slechts parabool- en streepduinen, typische windvormen, waaraan weinig water te pas is gekomen: verstuiving vindt plaats tot op het niveau van het grondwater[46]. Afgezien van breukranden, zoals de

---

[37] Het valt af te leiden uit het door Lovink & Nengerman, l.c., besproken bezwaar van de boeren in deze streek, dat grassen plaats maakten voor mossen en Kruipwilg. De ironie van de geschiedenis wil, dat een belangrijke propagandist van afschaffing van de bevloeiing en van diepere ontwatering, de dichter Staring, die soorten juist dacht te kunnen bestrijden door afschaffing van de bevloeiing. "De Kruipwilg rooft de vrucht/waarvan ons ooft zou gloeien" meldde hij in een gedicht. Die Kruipwilg groeide slechts daar, waar niet bevloeid kon worden!

[38] E. Meijer Drees (1936)De bosvegetatie van de Achterhoek en enkele aangrenzende gebieden. Diss. LH Wageningen.

[39] F.Winkelaar (1949): De beschikbare geologische gegevens en de geomorphologie van het Vlodrop-Herkenbosch gebied. Med. Geol. St. Serie C-1-3-no. 1:32-45.

[40] Zie ook R.A. van Zuidam (1967): Het Meinweggebied. Een fysisch-geografisch onderzoek. RIVON-rapport, z.p. Id.(1980): Fysisch geografische regiobeschrijving (met excursieroute). Het Meinweggebied en Roergebied. Een tektonisch en eolisch beïnvloed terrassenlandschap nabij Roermond (Midden Limburg). Geogr.Tijdschr. 14, 2: 120-133. G.P. Gonggrijp (1977): Aardwetenschappelijke waarde van de Roerstreek. RIN-rapport, Leersum. Id., (1979): Aardwetenschappelijke waarde van de Roerstreek, II. RIN-rapport 79/7, Leersum; R.H.Kemmers & P.C.Jansen (1985): De verspreiding van ecologisch relevante grondwatertypen in relatie tot de geohydrologie van het studiegebied Herkenbosch-Vlodrop. COAL-publ.nr. 18/ ICW nota 1617.

[41] J.Lorié (1894): De hoogvenen en de gedaanteverwisselingen der Maas in Noord-Brabant en Limburg. Verh. KNAW, 2e sect, dl.3, no. 7:3-84.

[42] J.Cnossen & W. Heijink (1965): Het jongere dekzand en zijn invloed op het ontstaan van de veenkoloniën in de Friese Wouden. Boor en Spade 14:42-61; G.J.Baaijens (1984): Venen en mensen: water en vuur. In F.H.Everts & N.P.J. de Vries: Het Dwingelderveld, deelrapport vegetatie, p. 8-45.Laaglandbekenrapport no. 8. Utrecht/Groningen.

[43] H.C. de Roo & H. Harmsen (1952): De bodemgesteldheid van het Nolderveld en omgeving in de gemeente Zuidwolde. Int. Rapport STIBOKA, Wageningen.

[44] J.Schelling (1955): Stuifzandgronden. Uitv.Versl.Bosbouwproefstation TNO Bd. 2, verslag nr. 1. Wageningen.

[45] J.W. van Dieren (1934): Organogene Dünenbildung. Den Haag.

[46] G.C.Maarleveld & R.P.H.P van der Schans (1961):De dekzandmorfologie van de Gelderse Vallei, TKNAG 78, 1:22-34.

wijstgronden, en bij pingo-ruïnes[47] lijkt water als bepalende factor voor het dekzandreliëf daarmee wat buiten beeld te zijn geraakt. De enige die bij herhaling wijst op het belang van water bij dat reliëf is de directeur van de Topografische Dienst, Von Frijtag Drabbe[48] . Hij illustreert zijn geschriften met prachtige foto's van zeer uiteenlopende dekzandvormen, maar zijn werk wordt enigszins genegeerd - met zondvloedtheorieën maakt men zich niet echt populair. Verklaringen voor de terreinvormen zijn wel gezocht in variaties op het thema paraboolduin[49], dan wel in windkuilen, doodijsgaten[50], kames e.d. In het algemeen denkt men, onder invloed van De Gans' onderzoek, bij min of meer ronde depressies tegenwoordig vooral aan uitgestoven laagten en pingo-ruïnes[51]. Lorié's prachtige verklaringen voor het ontstaan van de Oisterwijkse vennen - ontstaan gedacht uit een verstoven fluvioglaciaal, vlechtend stelsel - zijn daarbij wat in het vergeetboek geraakt[52].

Bij het COAL-onderzoek[53] ten behoeve van een beheersvisie voor Hackfort wordt ontdekt, dat rond Vorden, in de westelijke Achterhoek, een groot aantal andere dekzandvormen voorkwam. Vooral kwelkraters, eironde dekzandkopjes en meanderende dekzandruggen trokken daarbij de aandacht; daarnaast werd een streepduin en een langgerekte dekzandrug ontdekt, die geassocieerd bleek te zijn met een breukenstelseltje in de ondergrond[54]. Wijstverschijnselen zijn dus niet tot Brabant en Limburg beperkt!

Verder onderzoek op Hackfort[55] leerde, dat niet alleen de met het breukje geassocieerde dekzandrug door waterbeweging bepaald was, maar vermoedelijk ook alle andere hoogten. Paraboolduinen werden er niet aangetroffen. De natte oorsprong van alle hoogten werd afgeleid uit sloten op hoge ruggen en ringsloten rond kopjes en ruggen, met greppels hellingopwaarts. Op grote schaal is dus sprake geweest van omkering van het reliëf, eenvoudig als gevolg van het feit, dat nat zand niet stuift en vochtige omstandigheden buitengewoon schaars waren ten tijde van de afzetting van het dekzand[56].

---

[47] G.C. Maarleveld & J.C. van den Toorn (1959):Pseudo-sölle in Noord-Nederland. TKNAG 72:344-360. Zie ook: A.E. Scheidegger (1961):Theoretical geomorphology. Berlin; G.C. Maarleveld (1965):Frost mounds, a summary of the literature of the past decade. Med. Geol. St. N.S. 17:3-16;W. de Gans (1981):The Drentsche Aa valley system. Diss.VU, Amsterdam. Men onderscheidt thans 3 typen; zie W. de Gans (1983): Fossiele permafrostverschijnselen in Nederland. Grondboor en Hamer 37, 6:175-184. De diepte van de pingo-ruïnes lijkt de diepte van de permafrost ten tijde van de vorming min of meer te weerspiegelen (zie R.Steenbeek, P.Cleveringa & W. de Gans (1981):Terreinvormen in Friesland uit de laatste ijstijd. It Beaken 43, 4:249-272).

[48] O.m. in C.A.J. von Frijtag Drabbe (1972): Luchtfotografie. Den Haag. Id. Luchtfoto en foto-interpretatie, I-III. Uitg. Nederlandse Topografische Dienst, z.pl., z.d.

[49] Zie voor een recent overzicht E.A.Koster (1992): Duin- en dekzandvorming in "koude woestijnen". Grondboor en Hamer 46:81-92.

[50] R.Steenbeek, P.Cleveringa & W. de Gans (1981):Terreinvormen in Friesland uit de laatste ijstijd. It Beaken 43, 4:249-272 beschrijven een variant op dit thema als dooimeren. Ze achten het niet onmogelijk, dat venige afzettingen daarin zijn aangetroffen onder de ringwal van de Stokersdobbe, een pingo. Ronde depressies kunnen ook veroorzaakt zijn door zg. seizoens-ijsheuvels, onder condities waarbij geen permafrost aanwezig is (zie T.A.M. de Groot, P. Cleveringa & B. Klijnstra (1989): seizoensijsheuvels, een bijzonder geologisch verschijnsel. Grondboor en Hamer 43, 1:1-10).

[51] Recent nog H.J.A.Berendsen (1998): De vorming van het land. Inleiding in de geologie en de geomorfologie.3e druk.Assen. In dit verband speciaal p.119-123. Overigens is in dit (leer-)boek niet naar volledigheid gestreefd.

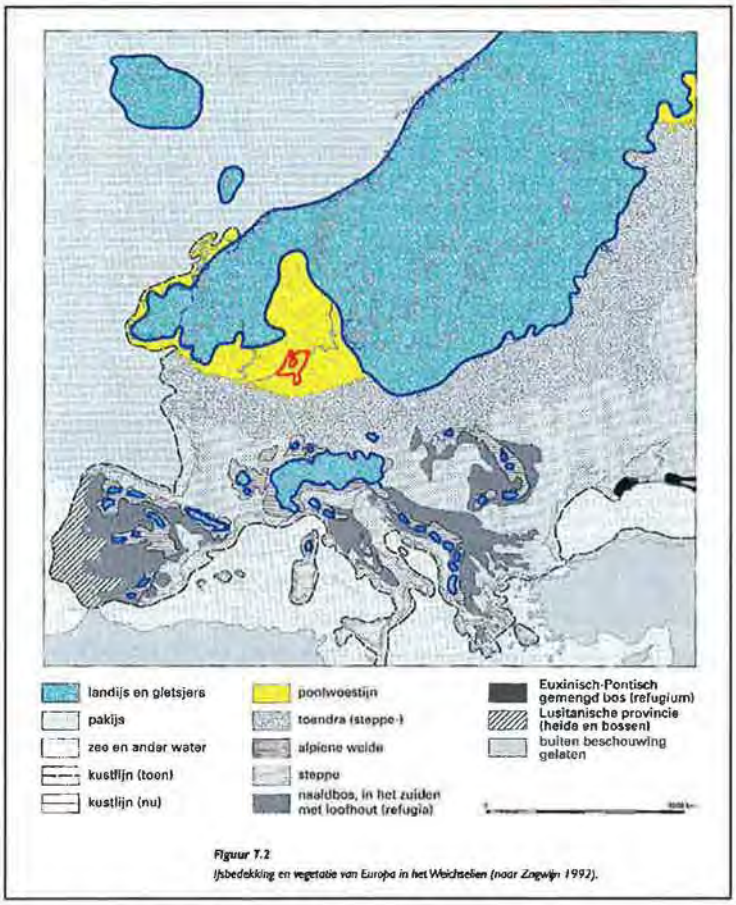
[52] J. Lorié (1923): Hoe ontstonden de vennen van Oisterwijk? Ver. tot behoud van natuurmonumenten in Nederland 1918-1922. Versl. der alg. verg. benevens bijdr. over de terreinen der ver. en over natuurbescherming, p. 73-81. J.P. Broertjes (1977): Het ontstaan van de Brabantse vennen. Bijdr.stud.Brabants Heem 16:19-25 maakt overigens, zonder Lorié te noemen, nog wel gewag van deze ontstaanswijze.

[53] K.R. de Poel (red.): Hackfort - een onderzoek naar vormen van aangepaste landbouw in een zandgebied. COAL-publ. Nr. 53. DLO-Staringcentrum, Wageningen.

[54] G.J.Baaijens (1988): Het landgoed Hackfort, opties voor het natuurbeheer. MS, RIN, Leersum. Ook bij Dwingeloo werd een met een breukje geassocieerde dekzandhoogte gevonden. Zie Baaijens, 1984 (cf. voetnoot 16).

[55] De op Hackfort ontwikkelde denkbeelden zijn inmiddels ook elders getoetst.

[56] We gaan er in dit verband eenvoudigheidshalve aan voorbij, dat dekzand niet in éénmaal is afgezet. Wat aan de oppervlakte ligt, is in het algemeen de laatste fase; het lithologische onderscheid dat wel wordt gemaakt tussen aan de oppervlakte liggend Ouder en Jonger Dekzand is niet goed houdbaar: men kan aan de oppervlakte in een en hetzeltde stelsel grover en fijner zand naast elkaar vinden.



Figuur 20 Nederland op het eind van de laatst ijstijd (naar Zagwijn)

Zoals in Figuur 20 te zien is, lag Nederland in de laatste ijstijd in een poolwoestijn, waarin zogenaamde periglaciale vormen konden ontstaan. Daarbij moeten we denken aan vormen die veroorzaakt worden door de wisselingen in vries- en dooiperioden, zoals vorstwiggen, cryoturbatie (vorstdoorwoeling van de bodem), permafrost en pingo's.

Figuur 21 Vormen van permafrost

Onder periglaciale omstandigheden kunnen verschillende vormen van permafrost voorkomen: *Taliks* genaamd. De drie verschillende vormen: *open, gesloten* en *verbonden talik* zijn aangegeven in Figuur

21[57] De *open talik* is alleen geopend naar het maaiveld. De *gesloten talik* is een voormalige open talik, die later overdekt is geraakt door b.v. veen en nu is afgesloten van het maaiveld. In de *verbonden talik* bestaat er een directe, niet bevroren verbinding tussen de diepere ondergrond en het maaiveld. Veelal vindt men dergelijke verbindingen onder meren, waarbij de omvang en diepte van de talik afhangt van de omvang van het meer.

De watervoerende plaatsen die aanleiding hebben gegeven tot de vorming van dekzandruggen hebben hun functie echter nooit gestaakt. De dekzandstructuren in Pleistoceen Nederland hebben nog steeds in hun kern een watervoerend karakter, alhoewel veel daarvan is verdwenen door de grootschalige en diepgaande ontwatering die in Nederland heeft plaatsgevonden de afgelopen decennia[58] . Ook de beschrijving van de Oisterwijkse vennen in het dekzandgebied van de Kampina, door Lorié (1922) wijst al in de richting van voeding door interne stroombanen. Door het inwaaiende zand heeft dus reliëfinversie plaatsgevonden: de lage natte delen zijn nu de hoge delen met een natte kern.

De dekzandtopografie laat daarmee iets zien van de aanwezigheid van preferente plekken voor grondwaterstroming, verschillen in doorlatendheid, kwel en wegzijging, e.d. Zelfs het streepduin op Hackfort, in eerste instantie zo benoemd omdat het een smalle rug is die haaks staat op enkele andere hoogten, maakt vermoedelijk deel uit van een oud fluvioglaciaal stromingstelsels. Dat vertoont een min of meer haakse bocht, die vermoedelijk moet worden opgevat als de expressie van beter doorlatende afzettingen in een tussen twee breukjes gelegen slenkje[59] . Bij passage van afzettingen van afwijkende doorlatendheid verandert de stroomrichting, indien die niet haaks op het deel met afwijkende doorlatendheid staat[60] . In het horizontale vlak doet zich hetzelfde voor.

Figuur 22 Stroomrichtingsveranderingen bij verschillen in doorlatendheid in de bodem

Indien het reliëf de vochtverhoudingen tijdens de afzetting weerspiegelt, valt te verwachten, dat ook na het stijgen van de grondwaterstanden na de laatste IJstijd winter- en voorjaarsgrondwaterstanden ten opzichte van het maaiveld voor hoge en lage terreindelen weinig zullen verschillen. Hoewel het hydrologisch meetnet toetsing van dergelijke veronderstellingen niet toelaat, zijn drie studies

---

[57] Zie ook www.geog.ouc.bc.ca./physgeog - Fundamentals of Physical Geography 11 – Periglacial Processes and Landforms

[58] zie Van Oosten 19xx, De Poel 1992, Cie MER 1995, Havelaar et al. 1997, Geraedts 1998

[59] Een vergelijkbare structuur wordt op het landgoed Lankheet gevonden. Daar markeert ze een glaciaal tunneldal. De afwijking van de normale strekking van alle dekzandruggen is hier zó opvallend, dat onwillekeurig de gedachte opkomt, dat Haaksbergen er haar naam aan ontleend. Opvallende hoeken zijn wel vaker aanleiding tot vernoeming: in Roswinkel en Dwingeloo (oorspronkelijk Twingeloo) herkent men zonder moeite winkel = hoek, in het hedendaagse Nederlands nog voortlevend in winkelhaak. Ook Spijkerboor, een frequent voorkomende waternaam, duidt op min of meer haakse hoeken.

[60] In Nederland voor het eerst vastgesteld door F.E.L. Veeren (1892): Rapport over een grondwateronderzoek binnen de gemeente Winterswijk. TKNAG 2e ser. 9:589—618; id.(1893a): Proeve eener stroomkaart van het grondwater. Op.cit. 10:1-4 en id. (1893b): Tweede rapport over een grondwateronderzoek binnen de gemeente Winterswijk. Op.cit. 10:1051-1075 en 1129-1158

gevonden, waaruit dat inderdaad naar voren komt. De oudste en de jongste stammen uit de Gelderse Vallei[61]; de derde uit Brabant[62]

Maar voordat bijzondere situaties worden besproken is het nuttig om een aantal basisvormen nader te bekijken. Het eenvoudigste geval is een meanderend stromingsstelsel, waarin na het ontdooien van de permafrost, maar bij een zeespiegel die nog steeds aanzienlijk lager is dan nu[63], zand is ingevangen. Omdat een aantal basisprincipes hieraan goed kan worden geïllustreerd, wordt hier eerst nader op ingegaan.

---

[61] Mond.med. R.P.H.P. van der Schans (STIBOKA) in W.M.Otto (1959): Grondverbetering op lage zandgronden.VLO 65.2, teven diss. LH Wageningen. Wageningen; J.W. van 't Hullenaar & J.Bell(2000): Hydrologisch onderzoek Erica-Noord. Mogelijkheden voor herstel van natte natuurwaarden. Zwolle.

[62] M.F. van Oosten (1975): Invloed van de bodemgesteldheid en de waterhuishouding op het agrarisch landschap rondom Wouw. Bodemk.Stud.12, tevens diss. LH Wageningen.

[63] Afgaande op ouderdom en diepteligging van veen bij de Doggersbank steeg de zeespiegel in de ruwweg 100 eeuwen sinds het eind van de laatste IJstijd zo'n 50 m (zie E.F.J. de Mulder et al.(2003): De ondergrond van Nederland. Groningen/Houten, p. 212 e.v.). Op het hoogtepunt van de laatste IJstijd stond de zeespiegel overigens ruim 130 m lager dan nu.

6 Catalogus landschapsvormen

6.1 Inleiding

Eerst moet de vraag worden gesteld: waarom een catalogus van landschapsvormen? Hiervoor is een aantal redenen aan te geven:

- Het is een gereedschapskist van vormen, waarmee landschap 'gelezen' kan worden.
- Het geeft beeld van (diepere) ondergrond in ruimte en tijd.
- Door te kijken naar landschapsvormen krijg je een complete dekking van het oppervlak, en ben je niet afhankelijk van enkele punten of profielen, en nauwelijks afhankelijk van schaal. Het geeft de mogelijkheid om een studiegebied in een grotere context te plaatsen.
- De vormen die zijn aangetroffen zijn toegankelijk gemaakt en beschreven. Hun interpretatie kan worden getoetst en is open voor discussie en wetenschappelijke overeenstemming. Door publicatie zijn de landschapsvormen voor iedereen toegankelijk: iedere is mede-eigenaar van het systeem.

In de paragrafen hieronder worden de onderscheiden landschapsvormen stuk voor stuk behandeld. Het eenvoudigste geval is een meanderend stromingsstelsel, waarin na het ontdooien van de permafrost, maar bij een zeespiegel die nog steeds aanzienlijk lager is dan nu[64], zand is ingevangen. Omdat een aantal basisprincipes hieraan goed kan worden geïllustreerd, wordt hier eerst aandacht aan besteed. De te bespreken landschapsvormen zijn afkomstig uit de gehele Provincie Noord-Brabant:

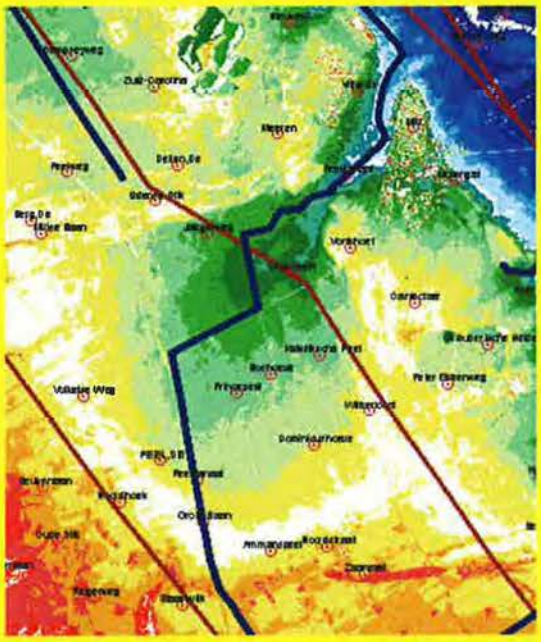
- Meanderende dekzandruggen
- Dekzandruggen op breuken
- Kwelkraters
- Kwelkoppen
- Deltavormen
- Meerbodems
- Terugschrijdende erosie
- Beekdalen
- Fossiele stelsels
- Huidige riviersystemen
- De zee
- Wijstgronden

[64] Afgaande op ouderdom en diepteligging van veen bij de Doggersbank steeg de zeespiegel in de ruwweg 100 eeuwen sinds het eind van de laatste IJstijd zo'n 50 m (zie E.F.J. de Mulder et al.(2003): De ondergrond van Nederland. Groningen/Houten, p. 212 e.v.). Op het hoogtepunt van de laatste IJstijd stond de zeespiegel overigens ruim 130 m lager dan nu.

Meanderende dekzandruggen

Kronkelende dekzandruggen die vaak van breed naar smal verlopen. Vaak meerdere kilometers lang.

Terugschrijdende erosie

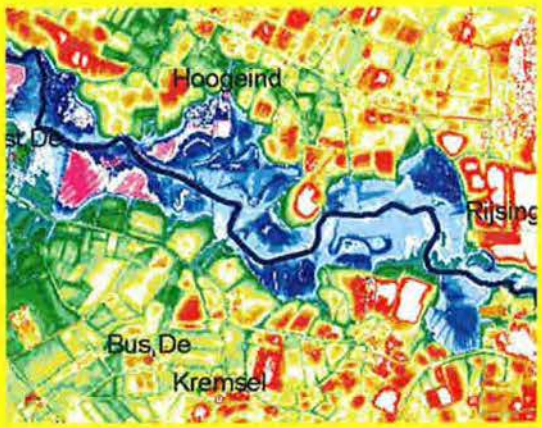


Ronde tot halfronde structuren zoals aan de Peelhorst. Grootte variërend <1 tot 8 km. Deze structuren hebben geen ringwal, maar een vloeiende overgang naar het omringende landschap.

Dekzandruggen op breuken

Lange dekzandruggen die een min of meer recht, of zwak gebogen verloop hebben. Deze ruggen zijn meerdere kilometers (< 10) lang

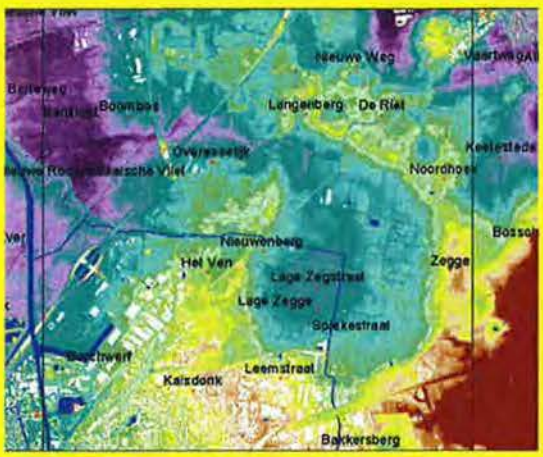
Beekdalen



Lage delen tussen dekzandcomplexen in,

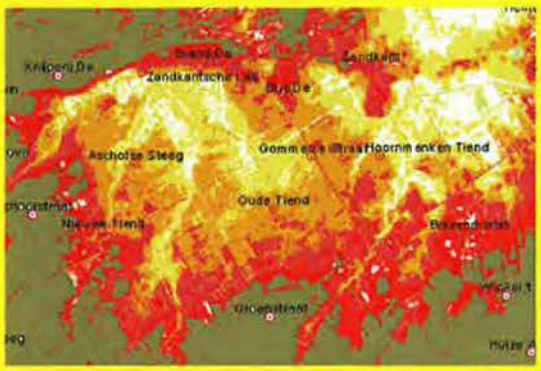
	met beken die veelal van dekzandkop naar dekzandkop springen. Vaak aangevuld met laken en stuwkolken vormen ze bevloeiingsstelsels voor het opzetten en aflaten van water

Kwelkraters



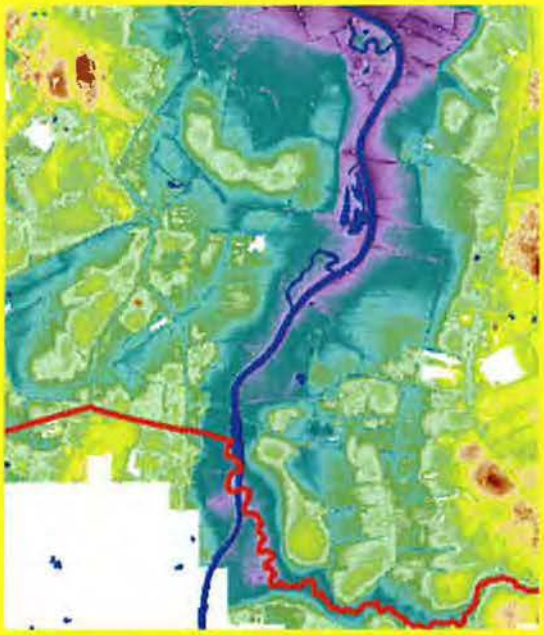
Ronde vormen in het landschap, variërend in grootte van <1 tot >20 km doorsnede. Veelal met één langere arm en met een ringwal. Eventueel kan deze ringwal later verstoven zijn, of is het centrum in een later stadium na hervernatting hoog opgestoven.

Fossiele stelsels



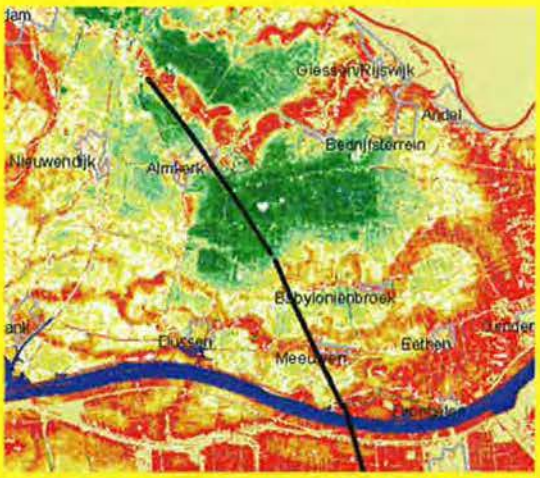
Fossiele beekstelsels die plotseling verdroogt zijn en in hun stervensfase bedekt zijn met een dun laagje klei. Hierdoor zijn ze later niet verstoven.

Kwelkoppen



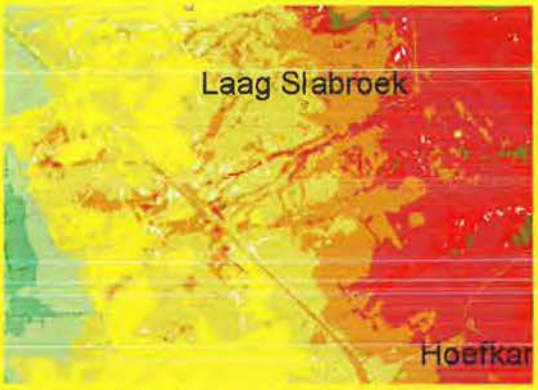
Kwelkoppen zijn tamelijk geïsoleerde hoog opgestoven punten in het landschap. De grootte kan variëren van enkele tientallen meters tot meerdere kilometers zoals bij Liempde. In beekdalen werden ze benut om kalkrijk kwelwater uit af te tappen. Soms gebeurde dat spontaan, zoals de Welberg bij Steenbergen.

Huidige riviersystemen



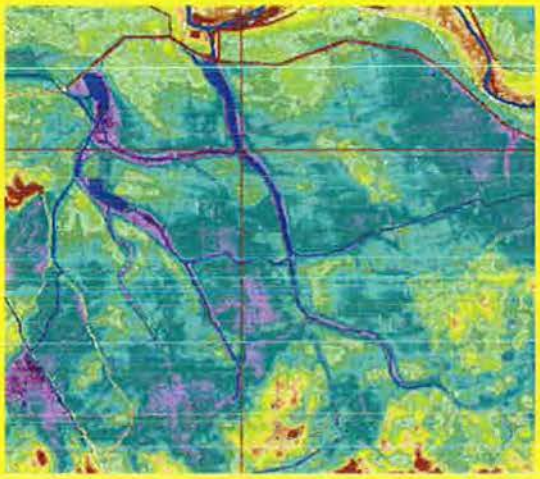
Stroomruggen en komgronden vormen de begeleiding van de fossiele en huidige riviersystemen. Met name in het westen van Brabant zijn het contactzones door de klei heen met de zandige ondergrond.

Deltavormen



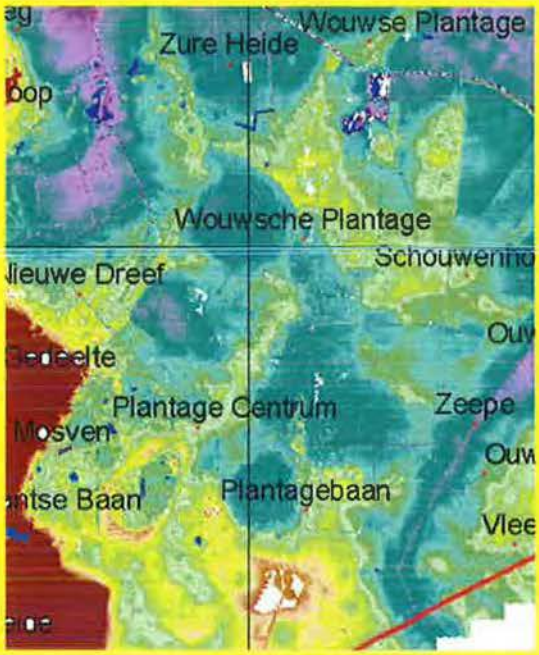
Op verschillende punten in Brabant, waar sterke contourverschillen aanwezig zijn, vinden we deltavormingen. Ze onderscheiden zich van meanderende dekzandruggen doordat het vaak waaiers zijn vanuit één punt.

De Zee



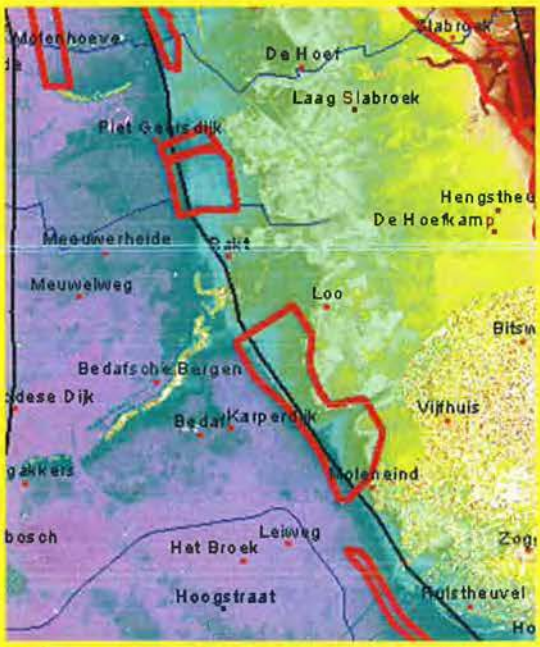
In het westen van Brabant zijn eb- en vloedscharen en fossiele kreeksystemen goed te zien. Het landschap kent daarnaast kleine zandopduikingen die als kwelkop door de kleilagen heen contact hebben met de zandige ondergrond.

Meerbodems



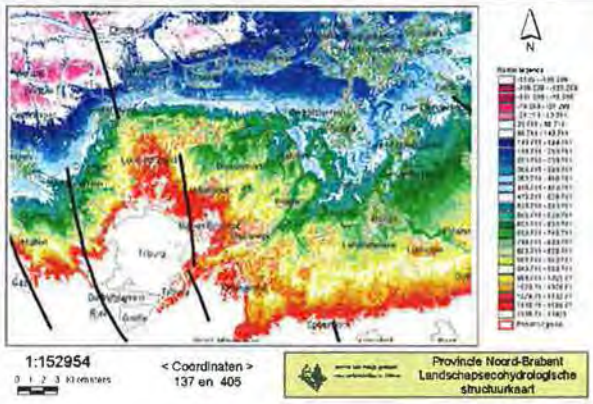
Patronen van meerdere ronde depressies vlak naast een fossiel stromingsstelsel. De depressies zijn nu uitgeveend en hun oorspronkelijke ronde vorm is goed zichtbaar.

Wijstgronden

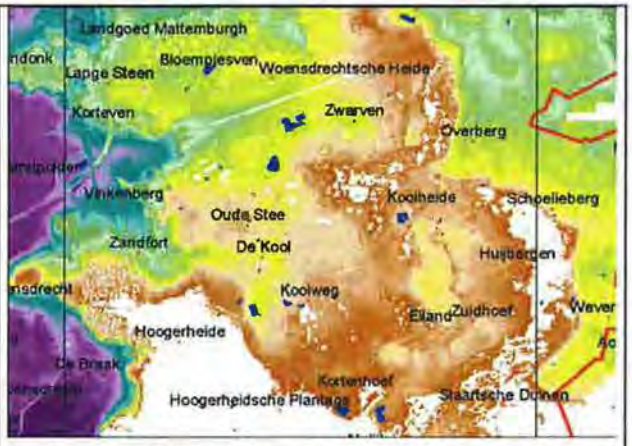


Wijstgronden zijn vanaf de hoogtekaarten en luchtfoto's niet eenvoudig op te sporen. De weergegeven verspreiding is afkomstig van veldwerk door Waterschap Aa en Maas en Staatsbosbeheer.

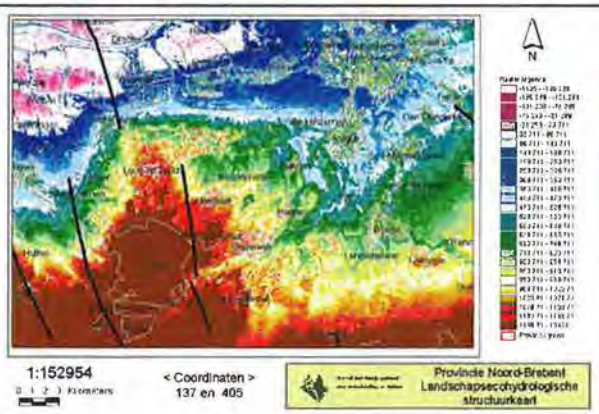
De meeste figuren hieronder zijn gebaseerd op het AHN. Daarbij zijn twee kleurensets gebruikt om de hoogteverschillen weer te geven. De ene is de DLG-25 kleurenset, die loopt van rood (=hoog) via geel, groen en blauw naar paars (=laag). De andere is de Bosatlas kleurenset, die loopt van bruin (=hoog) naar geel, grijsgroen, blauw naar paars (=laag). In beide gevallen is telkens gepoogd een compromis te vinden tussen overzichtelijkheid enerzijds: de totale omtrek van het systeem en de context ervan; en anderzijds om de hoogteverschillen zo duidelijk mogelijk naar voren te laten komen. Dat heeft ertoe geleidt dat soms de hoogste en laagste hoogteklassen zijn samengevat in grotere klassen, die wit worden weergegeven. Deze zijn later zoveel mogelijk met de hand weer met een passende kleur ingevuld. Voorbeelden van de twee kleurensets en de aanpassingen staan hieronder in Figuur 23.



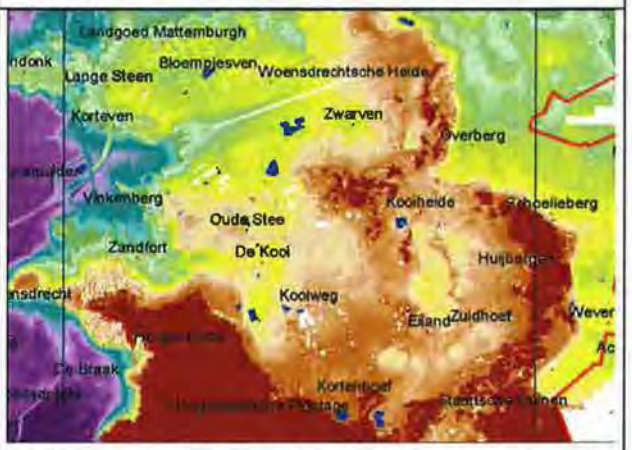
De Leijen: originele figuur van het AHN met de DLG-25 kleurenset.



Brabantse Wal: originele figuur van het AHN met de Bosatlas kleurenset.



De hoge witte delen zijn later bruin ingevuld.

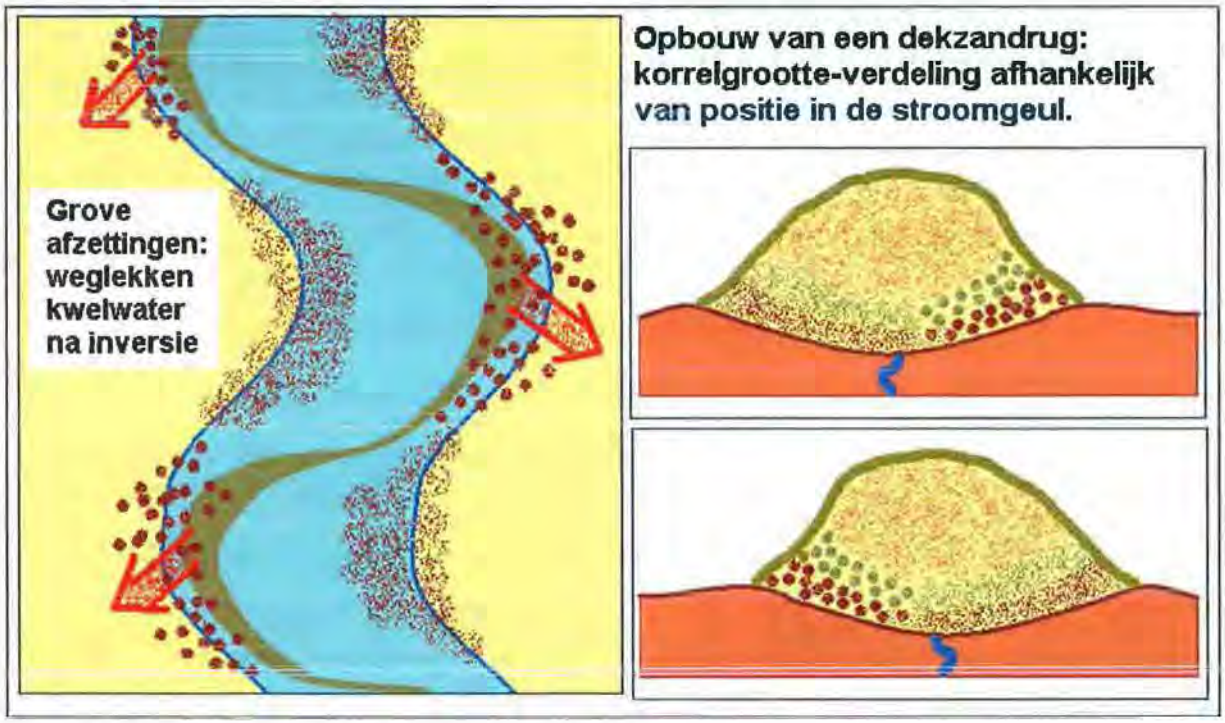


De hoge witte delen zijn later roodbruin ingevuld.

Figuur 23 Kleurensets en handmatige correcties van AHN afbeeldingen.

6.2 Meanderende dekzandruggen

Stellen we ons een meanderend stelsel voor [65]. De stroomdraad[66] valt binnen de bedding niet precies samen met het midden van de stroom: in buitenbochten ligt ze dichter bij de oever dan in binnenbochten. Langs de stroomdraad zien we ondiepten en diepten (in de buitenbochten) afwisselen. In een droger wordende omgeving - en bij het smelten van de permafrost zal dat het geval zijn geweest - gaat het schaarse water dat nog in een dergelijk stelsel stroomt als zandvang fungeren. Op die manier vindt een omkering van het reliëf plaats: de natte en vochtige plekken worden hoger, de drogere lager. Uiteindelijk zal de maaiveldligging in een evenwichtssituatie bepaald worden door de capillaire stijghoogte van het grondwater en in principe is het dan overal even vochtig.



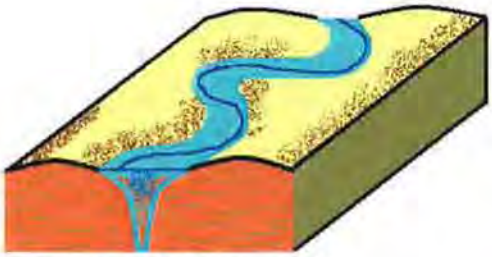
Figuur 24 Korrelgrootteverdelingen in een stromend stelsel.

Bij de invang van zand in een stromend stelsel vindt sortering plaats volgens dezelfde wetmatigheden als bij het transport van materiaal van verschillende korrelgrootte: bij hoge stroomsnelheden komt slechts het grofste materiaal tot afzetting, bij lage het fijnste. Binnen een opstuivend stelsel vindt dus selectie plaats, zowel haaks op de stroomrichting als in de lengte. De doorlatendheid van het sediment verschilt in verschillende richtingen dus aanmerkelijk. In het meest eenvoudige geval zal bij het stijgen van de grondwaterstanden een vroegere buitenbocht dus meer water verliezen dan een binnenbocht. Dat leidt tot verschillen in vegetatiesamenstelling. Indien de vroegere laagten naast de rug, die dus in het algemeen een ondergrond van klei of leem zullen hebben als gevolg van de selectie op stroomsnelheid, nadien vol met water zijn gelopen, is hier veenvorming mogelijk. Afhankelijk van de positie ten opzichte van de rug zal er dan een grotere (nabij buitenbocht) dan wel kleinere (nabij binnenbocht) invloed van grondwater merkbaar zijn en dat vertaalt zich in de vegetatie.

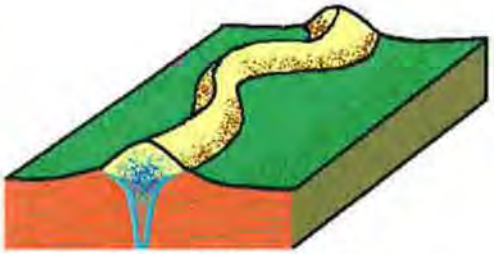
---

[65] Voor algemene beschouwingen over meandering kan bijv. Scheidegger, op. cit., worden gebruikt, of de nog altijd voortreffelijke inleiding van S.Leliavsky (1959): *An introduction to fluvial hydraulics*. Londen.

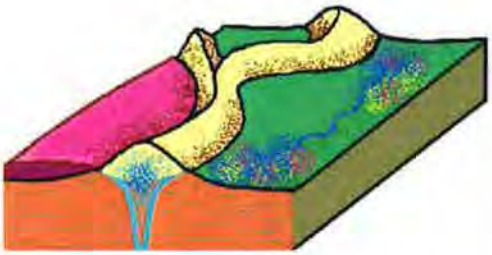
[66] De lijn die de punten met de hoogste stroomsnelheid in een opeenvolgende reeks dwarsprofielen met elkaar verbindt.



1. Riviersteisel in pooiwoestijn.

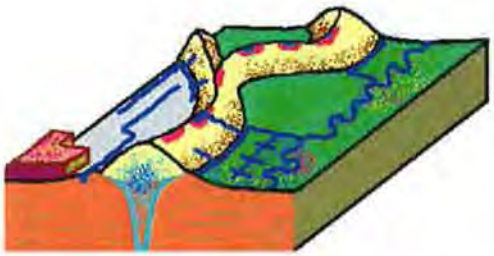


2. Vorming dekzandruggen op de watervoerende plaatsen.
Ernaast uitstuiving tot op het grondwater.
Algehele relief-inversie:
nat wordt hoog, droog wordt laag.

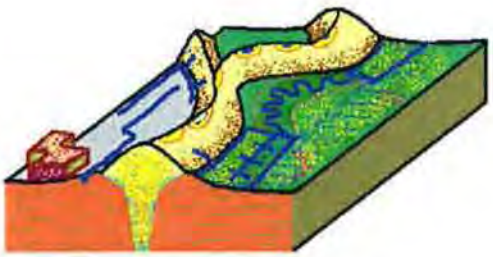


3. Zijruggen ontstaan waar de hoofdrug kwelt in de buitenbocht.
In afgesloten depressies ontstaat nu hoogveen.
Langs de dekzandruggen natte laagten soms met korte overloopjes.

4. Antropogene invloed:
Mens graaft hoogveen af.
Op dekzandruggen: weilanden op plaatsen met basenrijke kwel.



5. Hoogveen nagenoeg verdwenen.
Weiden op dekzandruggen uitgeput. Die worden vervolgens hooiland en ten slotte uitgegraven.
Aanleg bevloeiingssteisels: aftappen van basenrijk water uit dekzandruggen.
Geleiding via waterlopen (beken en laken).
Opbranden (rest)veen en gebruik als weidegrond.



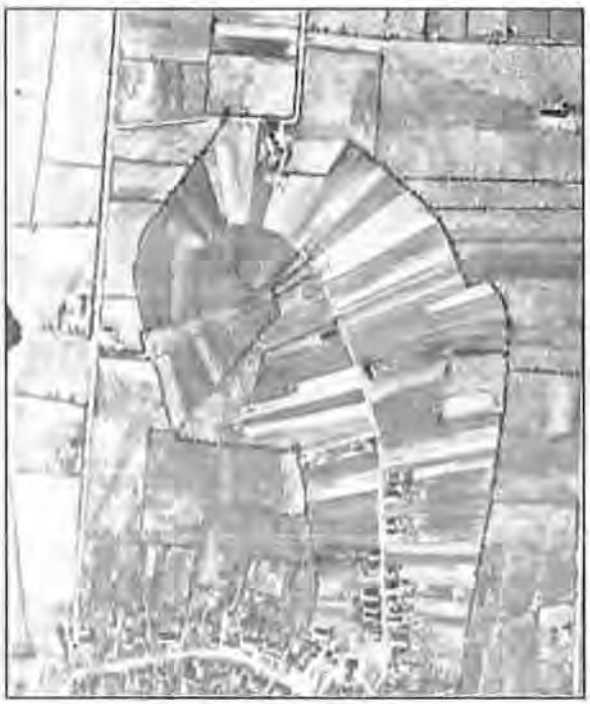
6. Hoogveen fragment irreversibel uitgedroogd (natuurreservaat!).
Gegraven "beken" eerst rechtgetrokken, worden hermeanderd t.b.v. reconstructie "oorspronkelijke boven- en middenloop"...
Basenrijke weide en hooilandsystemen zowel op als naast de dekzandrug zijn geheel verdroogd.

Figuur 25 Het proces van reliëfinversie

Op dit thema doen zich verschillende variaties voor. Een aantal daarvan is in Brabant nog niet ontmoet - en enkele zal men er vergeefs zoeken, omdat associatie met verschijnselen als vroeger landijs, grondmoraines en stuwwallen hoogstens in het uiterste noordoosten te vinden zouden kunnen zijn. Toch willen we een aantal variaties noemen, omdat ze wellicht in Brabant ook voorkomen, maar door ons over het hoofd zijn gezien.

Zo kan een stromend stelsel zó geleidelijk opstuiven, dat er uiteindelijk een hoog liggende beek op een dekzandrug komt te liggen[67]. Wellicht dat in Brabant geldt voor delen van de Dommel, met name het stuk tussen Son en Boxtel. Het deel tussen Son en Sint-Oedenrode lijkt overigens al een keer verlegd te zijn; westelijk van de huidige loop tekent zich op de hoogtekaart vaag een paralleldal af. In de ondergrond is de situatie hier buitengewoon ingewikkeld.

De hoogten langs de Dommel worden overigens gewoonlijk opgevat als een oeverwallengordel, zoals elders in het land geïsoleerde kopjes langs beken wel als rivierduintjes zijn beschreven. Tegen dat laatste pleit, dat in praktisch alle gevallen de veronderstelde rivierduintjes eenzijdig langs de beken liggen en dat er ook beekloze rivierduintjes voorkomen; bij de Dommel valt op te merken, dat ze dan tamelijk geregeld de eigen oeverwallengordel haaks of achterlangs kruist.



Figuur 26 De es van De Wijk (Dr.) op een luchtfoto uit 1938

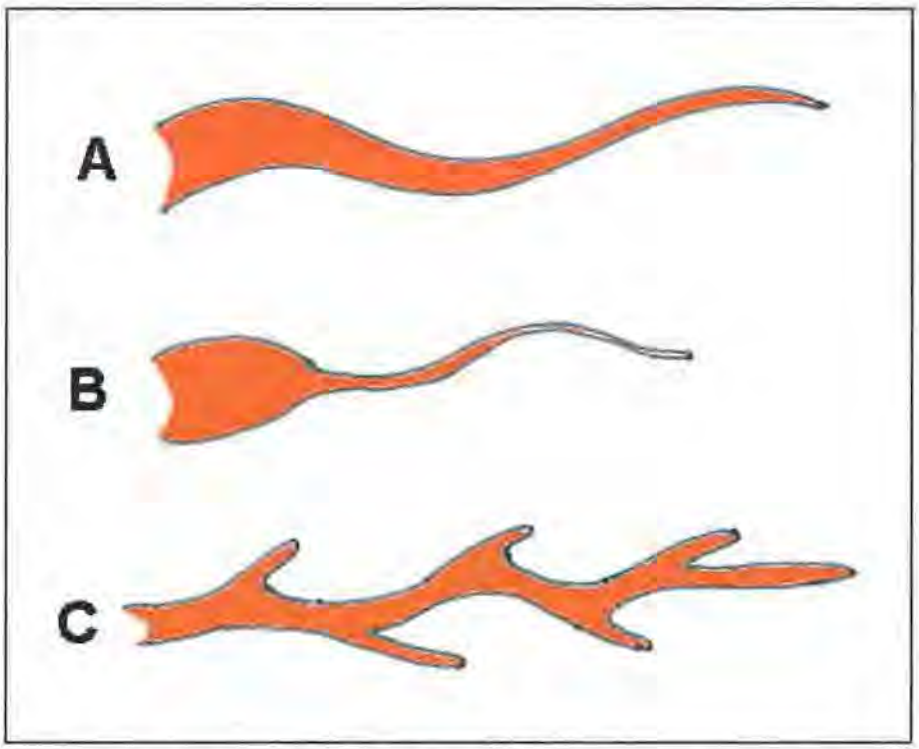
Een andere variant - in Brabant nog niet ontmoet, maar niet onwaarschijnlijk - is het opstuiven van een oxbow-lake, een afgesnoerde tak van een beek of rivier. Hoewel meandering thans een uiterst zeldzaam verschijnsel is - alles wat aan beken als meandering wordt aangeduid, voldoet niet aan de voorwaarde van instabiliteit en van stroomafwaartse verlegging: recente oxbow-lakes zijn onbekend[68]-

[67] Een mooi voorbeeld daarvan is te vinden bij Eibergen, zuidelijk van de Berkel. De beekbedding, met grover zand, heeft hier zelfs echte oeverwallen en op een enkele plek is die doorgebroken, wat aanleiding geeft tot crevasse-afzettingen. Het stelsel ligt ongeveer 1 m hoger dan de naaste omgeving en verliest zich stroomafwaarts in hogere ruggetjes. Niet uitgesloten is overigens, dat dit systeem al dan niet periodiek watervoerend was voordat de Berkel gegraven werd. Het onnatuurlijke karakter van de Berkel, de langste beek van ons land, blijkt wel hieruit, dat de bovenloop op een waterscheiding ligt.

[68] Op de merkwaardige stabiliteit van de Nederlandse beken - eigenlijk is nooit een verplaatsing waargenomen - is al bij verschillende gelegenheden gewezen. Als eersten, voor de Ratumsebeek in Winterswijk: V. Westhoff & H. de Miranda (1938) : Kotten, zoals de NJN het zag. Amsterdam. Specifiek voor een groot aantal Drentse beken: P.H. Kuenen (1945): De Drentsche riviertjes en het meandervraagstuk. Verh. Geol.-Mijnb. Gen. Geol. Ser. 14: 313-336. De onnatuurlijkheid van de talloze bochten in de dan nog niet rechtgetrokken Wold Aa blijkt fraai uit een luchtfoto uit begin jaren '30, afgedrukt in C.A.J. von Frijtag Drabbe (1972): Luchtfotografie. Den Haag, p. 26.

moet het in het verleden een redelijk algemeen verschijnsel zijn geweest. Een voorbeeld van een opgestoven ouder oxbow-lake is de es van De Wijk (Dr.). Die lijkt wat op een grote 9 (zie Figuur 26)[69]. Het hart daarvan is nu een laagte, maar het is in feite de enige plek met min of meer de oorspronkelijke maaiveldhoogte.

Uit het beloop van meanderende stelsels valt niet alleen de stroomrichting van de ondiepe systemen af te leiden, maar kan ook iets van toestroming of wegzijging zichtbaar worden. Neemt het oppervlakkige stelsel stroomafwaarts in omvang toe - en meestal zal dat te zien zijn aan de breedte - dan neemt de voeding toe. Relatief vaker ziet men echter stroomafwaarts juist versmallingen in het stelsel; teken, dat wegzijging plaats vindt.



Figuur 27 Dekzandruggen in wegzijgingsgebieden. a: geleidelijk aan wegzijgend; b: met puntbron, geheel links; c: met lekverliezen in buitenbochten.

In die gevallen is een aantal variaties mogelijk, waarvan er in bijgaande figuur (Figuur 27) een aantal geschetst zijn. Bij [a] is het eenvoudigste geval getekend; bij [b] is een verbreding opgevat als een puntbron in het systeem, als een extra 'injectie' van water vanuit de ondergrond. Dat komt relatief vaak voor; mooie voorbeelden vond men tussen Vught en Den Bosch. Op die puntbronnen in het systeem zijn daar forten aangelegd. Die relatie is niet toevallig: bij alle versterkingen van vóór de 19e eeuw[70] combineerde men een betrouwbare drinkwatervoorziening uit grondwater met natte grachten rond de versterking, die niet snel bevroren. Bij beide was de aanwezigheid van (relatief warm) grondwater dus van belang. Oudere forten, kloosters en kastelen wijzen dus praktisch altijd op water

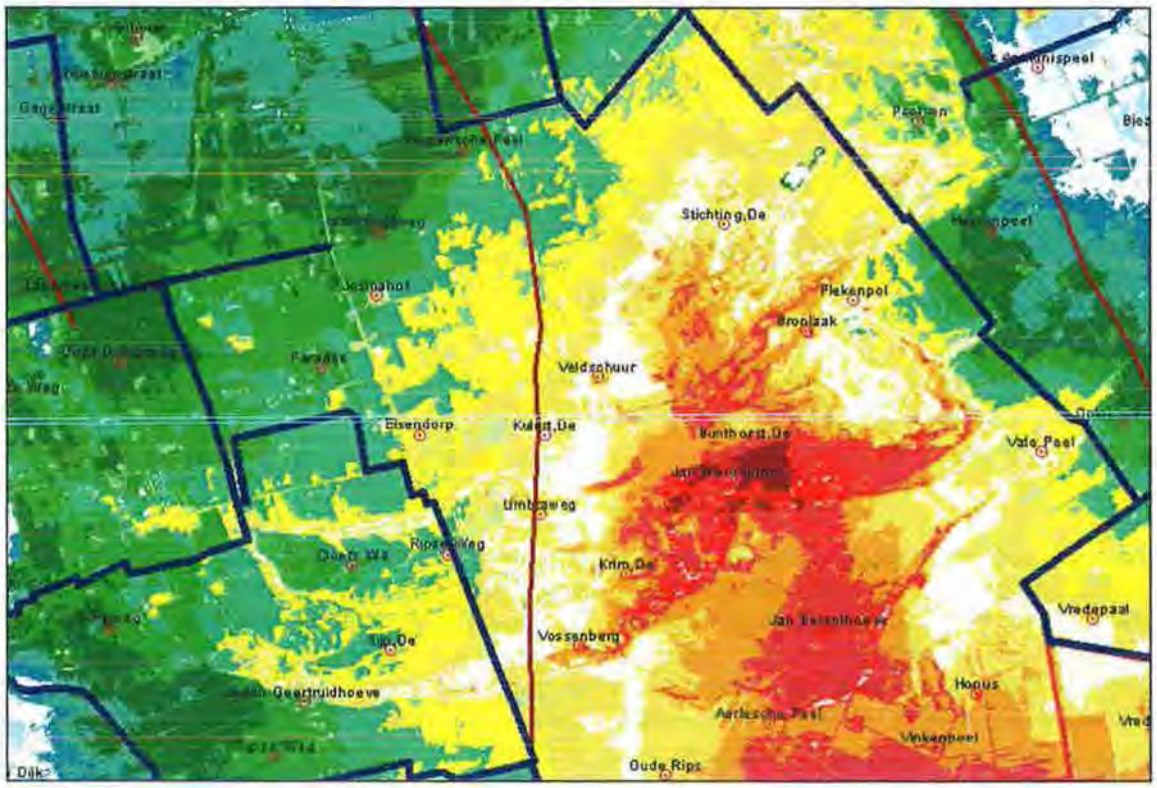
[69] In deze omgeving, aan de rand van het oerdal van de Vecht, komen meer reusachtige structuren voor. Tussen De Wijk en Ruinerwold is een enorm oerdal zichtbaar, breder dan de Maas bij Maastricht. Over aanzienlijke lengten liggen Wold Aa en Koekanger Aa niet in dat oerdal en als ze er al in liggen is dat hoog op de flanken. Het illustreert eens te meer het al in 1926 door Teunis Vink in zijn proefschrift (De Lekstreek. Amsterdam. Diss. RU Utrecht) beschreven principe, dat stervende fluviatiele stelsels in leem en klei smoren. Stijgt daarna de grondwaterspiegel, dan belemmeren die afzettingen de kwel op het laagste punt. Het kunstmatige karakter van de Wold Aa blijkt overigens ook uit de middeleeuwse naam: Munnikensloot. Zie ook G.J. Baaijens (1987): Effecten van ontwateringswerken in de ruilverkaveling Ruinerwold-Koekange. RIN-rapport 87/11. Leersum. Nadien werden luchtfoto's ontdekt, die e.e.a. nog fraaier laten zien dan de bodemkaart.

[70] Werken als die van de Hollandse Waterlinie lagen vaak niet in kwelgebieden. Voor de drinkwatervoorziening was men dan afhankelijk van lokale neerslag. Bij de mobilisatie van 1939-1940 werd de zwakte van het systeem in tijd van vorst duidelijk: de natte fronten voor de fortificaties bevroren tot zelfs voor vrachtwagens berijdbare dikten.

met een lange verblijftijd. Dat is warm en gewoonlijk relatief basenrijk - de adel (en andere grootgrondbezitters) ging bij voorkeur op de knooppunten in de verkalkte slagaders in het landschap zitten.

De boomvormige structuur bij [c] wordt eveneens relatief vaak aangetroffen. Bij het opstuiven van het stromingsstelsel vindt, zoals we zagen, selectie plaats naar korrelgrootte; op plaatsen met relatief sterke stroming, i.c. buitenbochten, wordt het grofste materiaal afgezet. Dat is beter doorlatend en in stelsels waar als gevolg daarvan lekverliezen optreden kan het uittredende water opnieuw zand invangen. Zo verloor de puntbron onder Fort Isabella in het stelsel Vught - Den Bosch relatief veel water en dat leidde tot een zandrugje, dat de May westwaarts begrensde. Dat ruggetje levert de kwel, door zijdelingse verliezen, die hier de bijzondere flora bepalen. Aardig is nu, dat hier twee rugjes evenwijdig aan en op korte afstand van elkaar lopen. Dat lijkt er op te wijzen, dat in de rug zelf bij het opstuiven nog een kleine verschuiving stroomafwaarts van het belangrijkste kwelpunt plaats vond: we moeten hier vermoedelijk een neveneffect van meandering in zien. Bij dat verschijnsel hoort ook dat aan de tegenoverliggende zijde van de rug, bij de eveneens verplaatste binnenbocht - verstopt met relatief fijn materiaal, als gevolg van de lage stroomsnelheden - op lekkage wijzende zandruggen ontbreken[71].

Betrekkelijk vaak ziet men dat de afvoer geblokkeerd raakt door ingevangen zand, terwijl er water toe blijft stromen. Dat kan dan leiden tot de meest zonderlinge patronen. Bij Laaghalen (Dr.) was al eens het in bijgaande figuur getekende voorbeeld gevonden. Op de Peelhorst vonden we het summum op dit punt; weergegeven in Figuur 28.



[71] Bij deze analyse is gebruik gemaakt van luchtfoto's van uiteenlopende jaren en van gegevens verschaft in het MER voor de Randweg 's-Hertogenbosch-Vught en de aanvulling daarop. Een beknopte reconstructie verscheen in het Toetsingsadvies over dit milieueffectrapport (C-mer, 2003). Een wat uitgebreidere, maar nog steeds tentatieve, versie werd beschikbaar gesteld aan de betrokken gemeenten (G.J.Baaijens (2003): May, Gement, Bossche Broek en Moerputten:een verkenning van de onderliggende landschapsecologische processen. Int. notitie C-mer). Het ruggetje zet zich voort tot aan Empel en is gekenmerkt door enkele grotere, zich als zandkopjes verradende, kwelvensters - Den Bosch ligt op één daarvan - en een reeks wielen die de dijk langs de Dieze begeleiden. Het kwelvenster waarop Den Bosch gebouwd is, was zo nat, dat het oorspronkelijke maaiveld een meter moest worden opgehoogd. Natuurtechnisch bezien moet Den Bosch en omgeving één van de meest belangwekkende gebieden van ons land zijn geweest: een groot aantal hydrologisch systemen komt er samen, elkaar nu weer onder- dan weer bovenlangs kruisend. Het besluit hier een jachthut te bouwen lijkt dus begrijpelijk; de uitbouw tot bestuurlijk centrum moest wel problemen oproepen, als we ons een speldenprik over dit klassieke naaldenmakerscentrum mogen veroorloven.

Figuur 28 De meanderende dekzandruggen op de Peelhorst.

Ingewikkelde patronen ziet men ook op plaatsen waar verschillende systemen elkaar ontmoeten. Dat kan tot opeenhopingen van zand leiden, maar tamelijk geregeld ziet men dan ook, dat het ene stelsel als het ware onder het andere doorduikt. Op zich vindt men binnen elk opgestoven stelsel al hogere en lagere plekken - buitenbochten zullen in het algemeen wat hoger opstuiven dan binnenbochten en de stukken tussen bochten in zijn in het algemeen wat lager dan de bochten. De laatste plekken waren, na het stijgen van de grondwaterspiegels in het Holoceen dus ook de plekken, waar vennen konden ontstaan als het om de hogere gronden gaat, maar in lagere terreindelen boden die relatief lage plekken ook de mogelijkheid tot kruisende stelsels. Zeer mooie voorbeelden waren pal oostelijk van Den Bosch, westelijk van Den Dungen, te zien op luchtfoto's uit 1947[72]: haaks op elkaar staande dekzandruggen resp. laagten (Figuur 29).

Figuur 29 Luchtfoto gebied tussen Den Dungen (rechtsonder) en Den Bosch (linksboven, buiten beeld). Rechtsboven nog juist de Zuidwillemsvaart. Wielen markeren de Keerdijk, die in feite de door dekzand verstopte monding van een oud glaciaal dal - herkenbaar aan de smalle, langgerekte percelen, die een wijde opgestoven meander verraden - afsluit. In de hoek linksonder is een smalle dekzandrug herkenbaar; haaks daarop is linksboven in de foto een ander ruggetje zichtbaar. De bij de dekzandhoogten behorende laagten - ten tijde van hun ontstaan dus relatief droge plekken - staan eveneens haaks op elkaar. De dekzandrug linksonder wordt gekruist door een vage laagte (donkere band), die halverwege in de foto links aansluit bij een bijna cirkelronde laagte.

[72] Die set, gevlogen in februari, na een strenge winter en een zeer natte periode, is van buitengewoon belang, omdat ze een zeldzaam nat beeld van ons land laat zien. Hoogten zijn daarop nat doordat de vorst nog in de grond zat en er regenwater op stagneerde en laagtes stonden blank met kwelwater. Allerlei lokale systemen, neveneffect van ontwateringswerken, laten zich dus even goed zien als de aangrenzende kwelzones en de daaraan grenzende laagten, waarin dat kwelwater belandde. Helaas is niet het hele land gevlogen.

Figuur 30 Kruisende stelsels

Kruisende hydrologische stelsels (Figuur 30) vallen wat buiten het klassieke beeld van de waterhuishouding van ons land [73], maar ze zijn in een sedimentatielandschap vermoedelijk eerder regel dan uitzondering. In hydrologische studies komt men er in zoverre wel eens iets van tegen, dat uit isohypsenbeelden voor "diep" en "ondiep" grondwater verschillen in stromingsrichting naar voren kunnen komen. "Diep" en "ondiep" staat hier welbewust tussen aanhalingstekens; het onderscheid daartussen wordt gewoonlijk bepaald op grond van de aanwezigheid van als slecht doorlatend beschouwde lagen. In een sedimentatielandschap zijn dat gewoonlijk de komkleien, behorend bij stromende stelsels. De oppervlakte daarvan is meestal, in vergelijking met het door rivier en oeverwallen in beslag genomen terrein, aanzienlijk, maar voor het hydrologisch gedrag zijn die goed doorlatende gronden in en langs de rivieren en beken ongetwijfeld minstens even belangrijk. In Brabant is daarbij nog van belang, dat op vele plaatsen aanzienlijk hiaten in de afzettingen voorkomen en voor de verlegging van de Maas zijn grote hoeveelheden uiterst grof materiaal afgezet – geen dorpsplein in de Peel of er ligt wel een reusachtige steen. Nu zullen die wel vooral door ijs zijn meegenomen, maar grind en keien op geringe diepte zijn bepaald geen zeldzaamheid. Voor het gedrag van water in de ondergrond is nu van belang, dat al die stromingsstelsels meerdere malen opdroogden, of semi-periodiek werden, en dat kan tot uiteenlopende zaken leiden: stervende stelsels worden heel vaak afgedekt met leem en klei – daarin schuilt de rechtvaardiging om bij hydrologische modelstudies slecht doorlatende afzettingen als een doorlopend geheel op te vatten – maar soms kreeg ook de wind vat op dat fijne materiaal. Die enorme löss-pakketten, zuidelijk van het dekzandlandschap - oudere lösslagen vindt men overigens ook noordelijker[74] - moeten immers ergens vandaan komen en een afzetting (eigenlijk een residu) als de laag van Beuningen – een snoertje fijn grind – laat zien dat regelmatig fijnere fracties verstoven.

Van belang nu lijkt, dat juist bij die stervende stelsels, preferente plekken voor grondwaterstroming immers, de kans op voortbestaan van vochtige toestanden relatief groot was. Dat houdt dus in, dat er een reeks min of meer tegen erosie door de wind beschermde, buisvormige en redelijk goed doorlatende structuren stand kon blijven houden: toestanden zoals die heersten ten tijde van de vorming van het huidige dekzandlandschap moeten zich tijdens alle IJstijden in meerdere of mindere mate hebben voorgedaan. Preferente plekken voor grondwaterstroming of, zo men wil, anisotropie, ook in het horizontale vlak, zal dus eerder regel dan uitzondering zijn, een omstandigheid, die eigenlijk in alle modelmatige studies verwaarloosd wordt[75] . Toch was Simon Stevin (1548-1620) daar al van op de hoogte, blijkens zijn opmerking, dat de *grond "doordroncken is vant water als een spongie,*

---

[73] Ze werden voor het eerst ontdekt in de Achterhoek. Zie G.J.Baaijens (2002):Korte schets van de ecohydrologische positie van Achterhoek en Liemers in verband met het bepalen van het duurzaam raamwerk. Bijlage 5 in C-mer(2002):Advies voor richtlijnen voor het milieueffectrapport Reconstructie Achterhoek en Liemers. Utrecht.

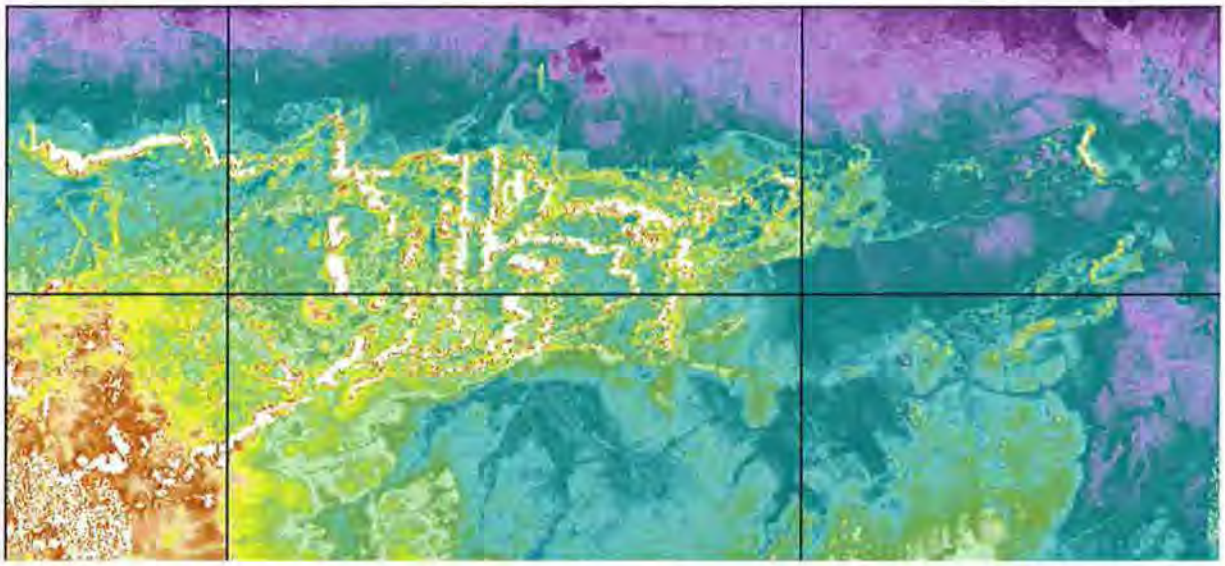
[74] Zie bijv. B. van Heuveln (1965): De bodem van Drenthe. Wageningen.

[75] Recent lijkt daar enige verandering in te komen; zie bijv. E.H. van den Berg (2003): The impact of primary sedimentary structures on groundwater flow. Diss. VU. Amsterdam.

dattet oock gaten ofte hollicheden heeft loopende deur het eertrijck als buysen, welcke mede vol water ligghen"[76]. En wat voor fluviatiele stelsels in het rivierengebied geldt, namelijk dat verjonging gebonden is aan de flanken van oude stroomruggen[77] geldt onder condities van sedimentatie ook op de hogere zandgronden. Men kan vermoeden dat mede in dit soort processen de ogenschijnlijke grilligheid zit van het dekzandreliëf, zoals dat bijvoorbeeld zichtbaar is op bovenstaande figuur: men ziet als het ware sporen van oudere afvoerstelsels doorschemeren, met telkens weer dezelfde wetmatigheden: voortdurend vond omkering van het reliëf plaats. De hoofdrichting van de afvoer zal daarbij niet constant zijn geweest: de geleidelijke verlegging, in het spoor van de zeespiegelstijging, van de terrassenkruising - omslagpunt van erosie en sedimentatie - stroomopwaarts zal het verhang beïnvloed hebben.

Paraboolduinen.

Zoals hierboven al werd opgemerkt, heeft men in veel open, hoefijzervormige structuren gemeend paraboolduinen te herkennen. Ze behoren, naar het zich laat aanzien, tot de zeldzaamste structuren in het zandlandschap, niet alleen van Brabant, maar van ons hele land. Oorzaak daarvan is vermoedelijk, dat er altijd een tekort aan sediment is geweest en dat dat leidde tot ofwel verre-afstandtransport van de fijnste fractie, dan wel accumulatie op natte en vochtige plekken. Dat lijken ook de enige plekken te zijn geweest waar nog enige begroeiing mogelijk was en dat verklaart, wellicht, de schaarste aan paraboolduinen: zoals Van Dieren[78] al aangaf, zijn dat *"organogene Bildungen"* - er is een vegetatie voor nodig. Vandaar wellicht, dat we ze wel hier en daar aantroffen (bijv. in de Loonse en Drunense Duinen), maar dan als recente vorming, over oudere structuren heen (Figuur 31). Verreweg de meerderheid van de aldus aangeduide structuren vatten wij op als kwelkraters.

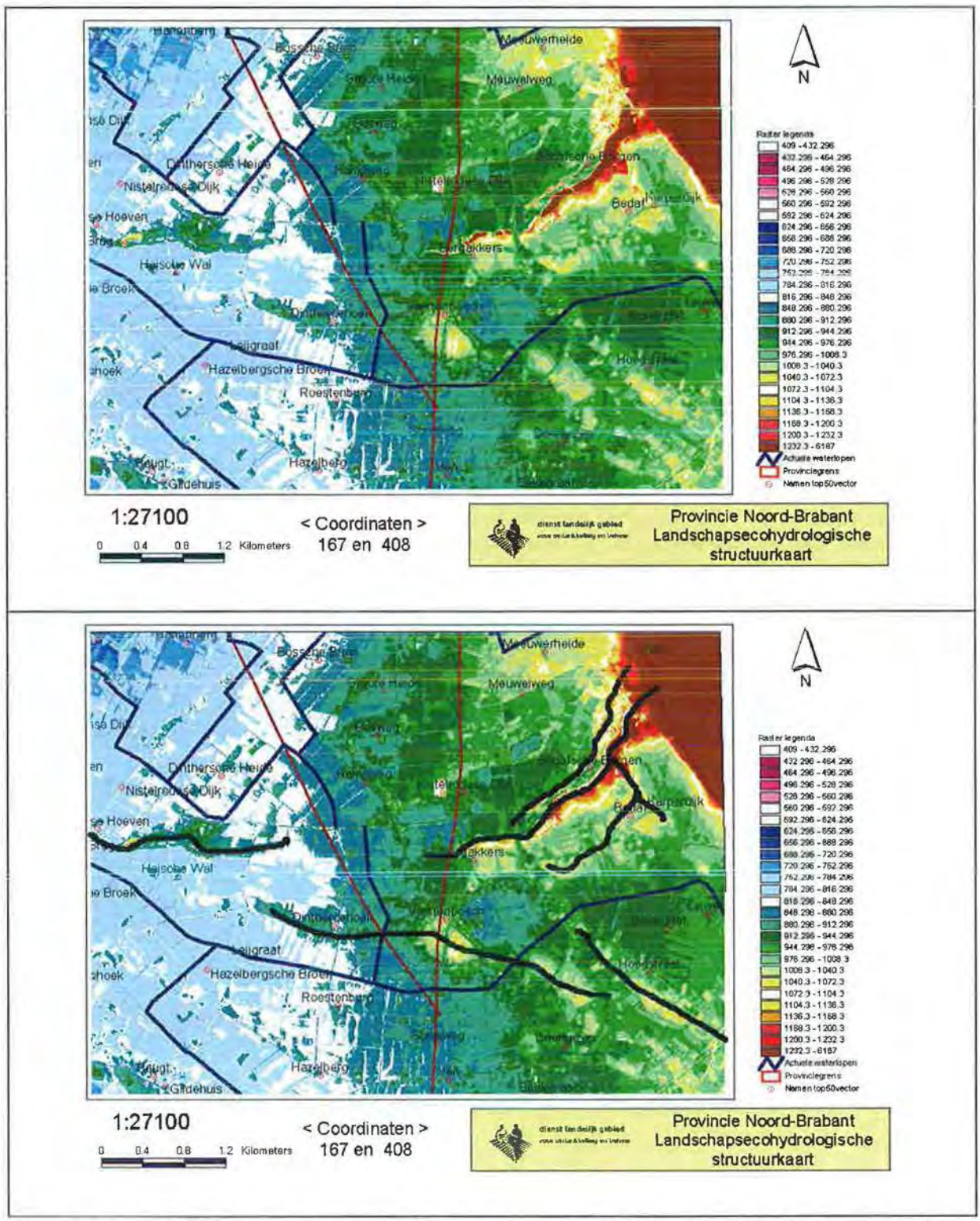


Figuur 31 De Loonse en Drunense Duinen.

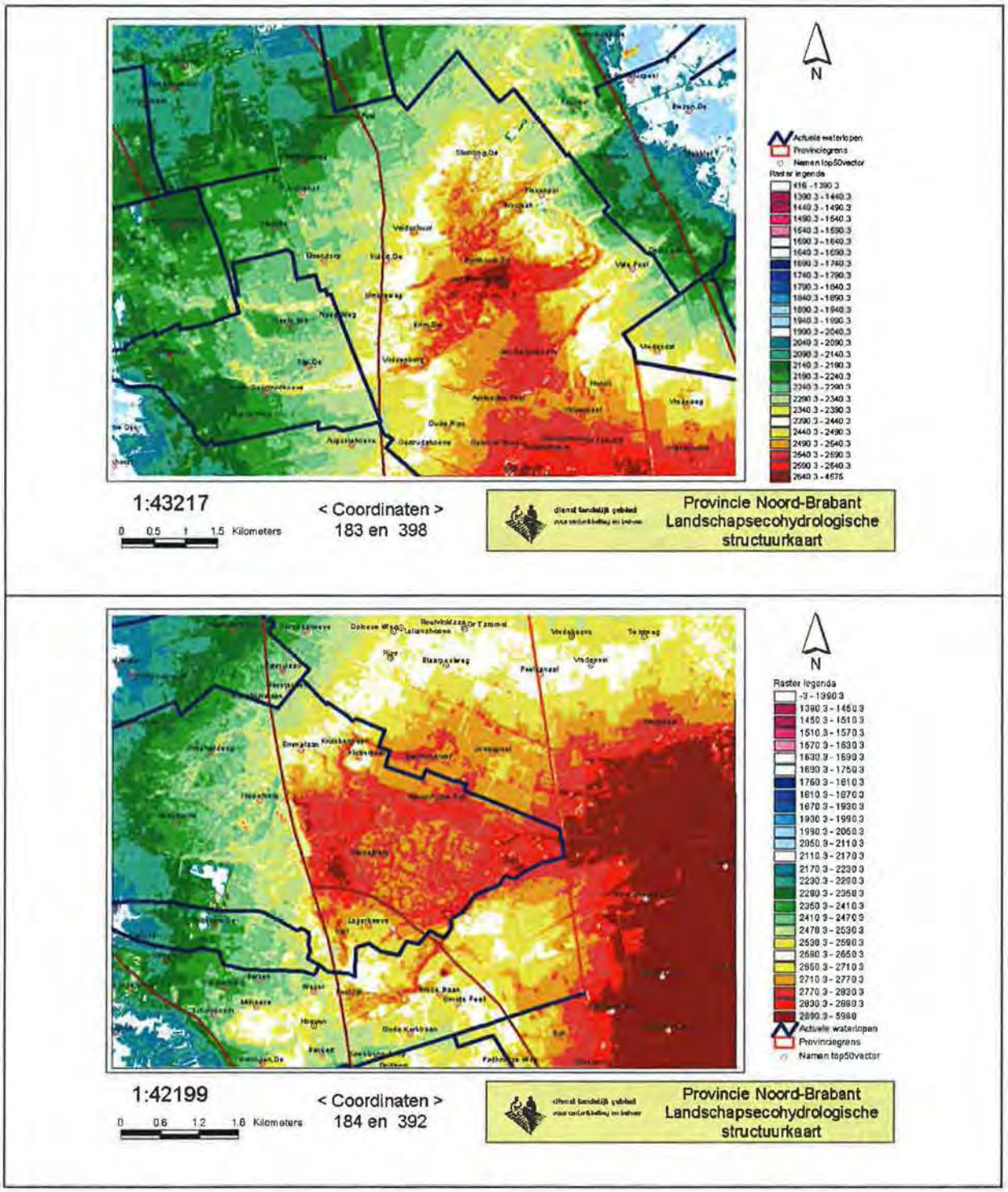
[76] Gecit. in W.A.Visser & J.I.S.Zonneveld(1997): Stevins Stofroersel des Eertcloots en de aardwetenschappen. Grondboor en Hamer 51, 3/4:51-56.

[77] T.Vink, op.cit. en id.(1953): De Rivierstreek. Baarn.

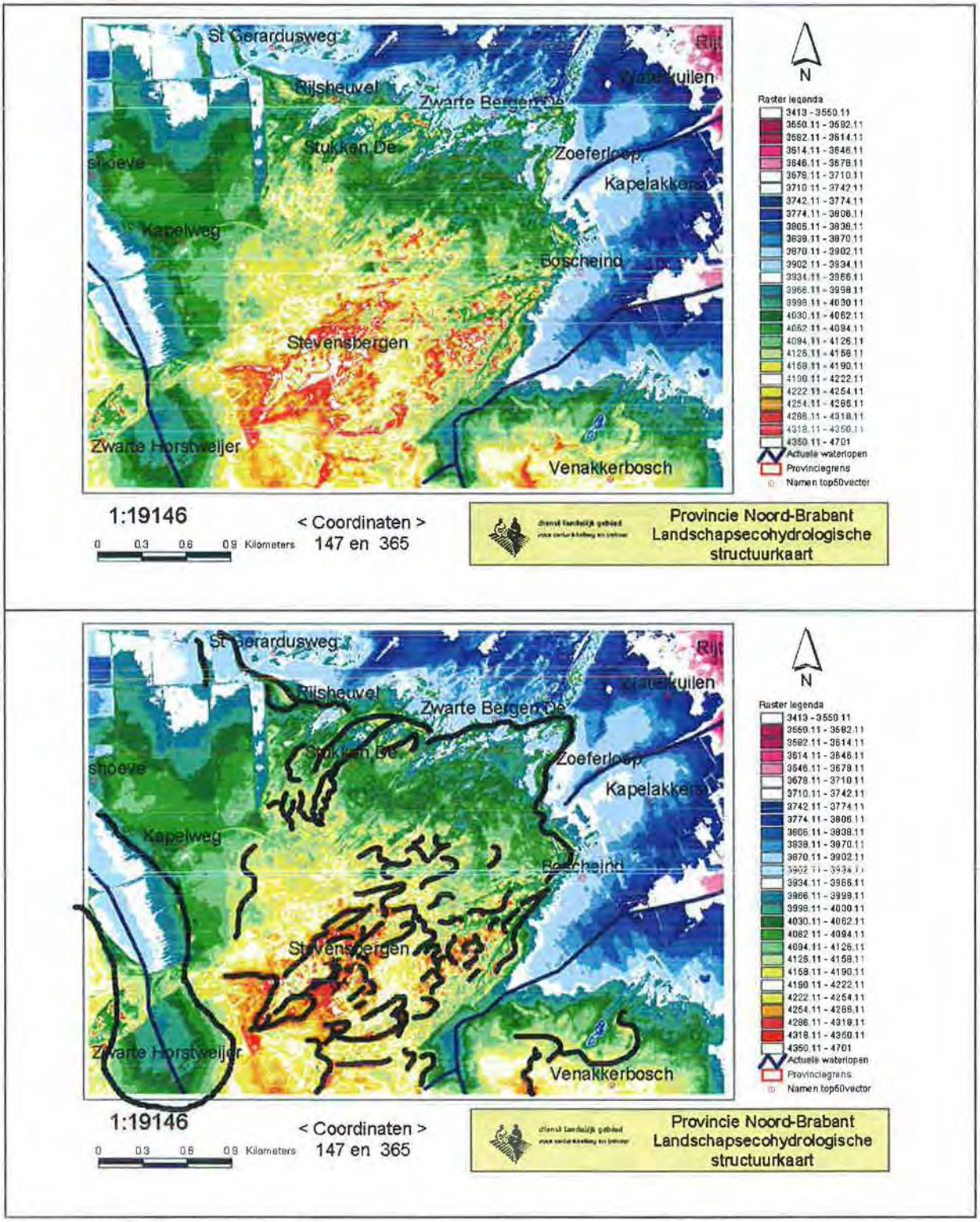
[78] W. van Dieren, op.cit.



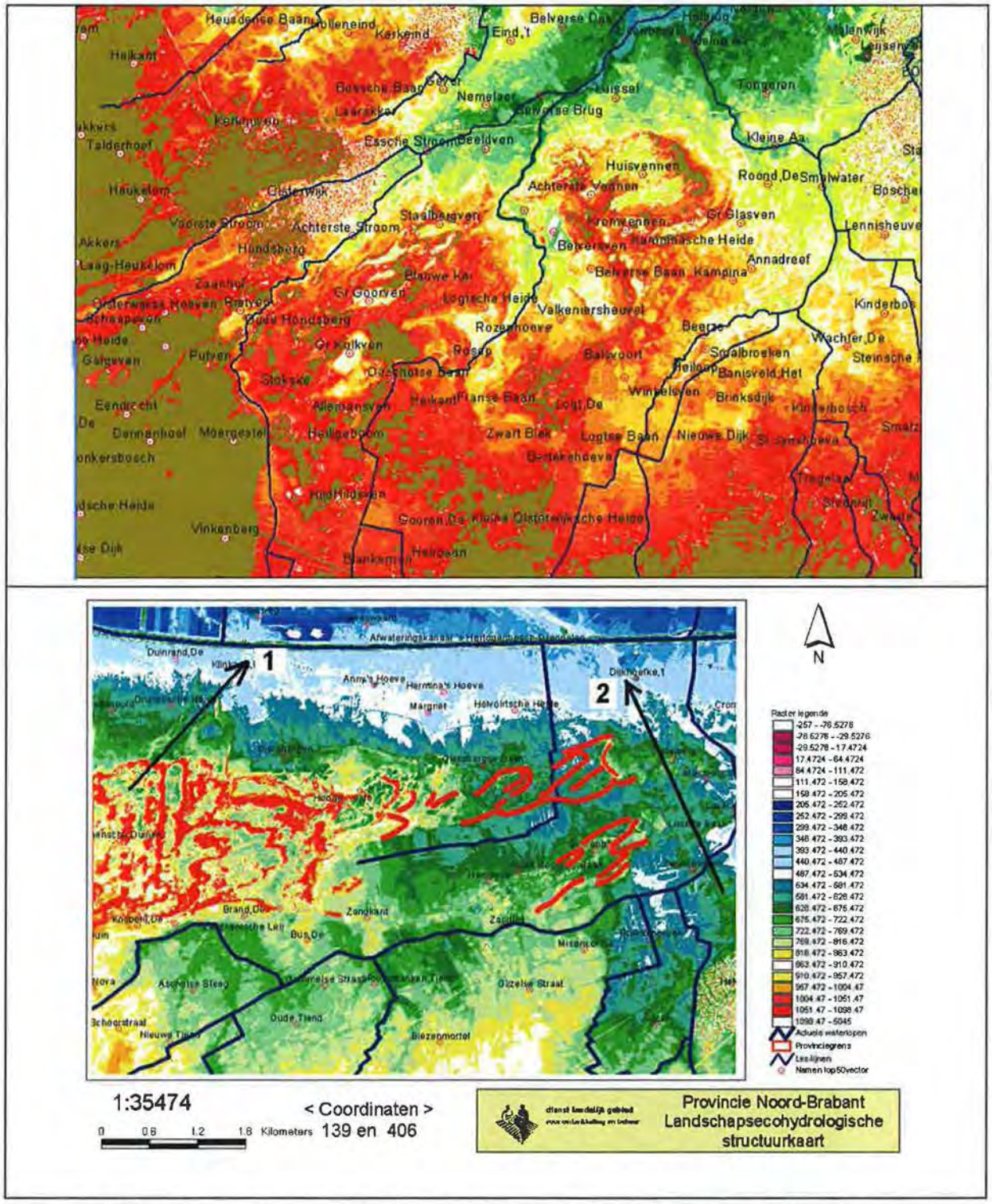
Figuur 32 De Bedafsche bergen, een voorbeeld van een meanderende dekzandrug die zich vanaf de Peelhorst uitstrekt in de Centrale Slenk. Langs de Peelrandbreuk liggen in dit gebied ook veel wijstgronden.Op de onderste figuur zijn de grootste dekzandruggen met zwarte lijnen nader aangeduid.



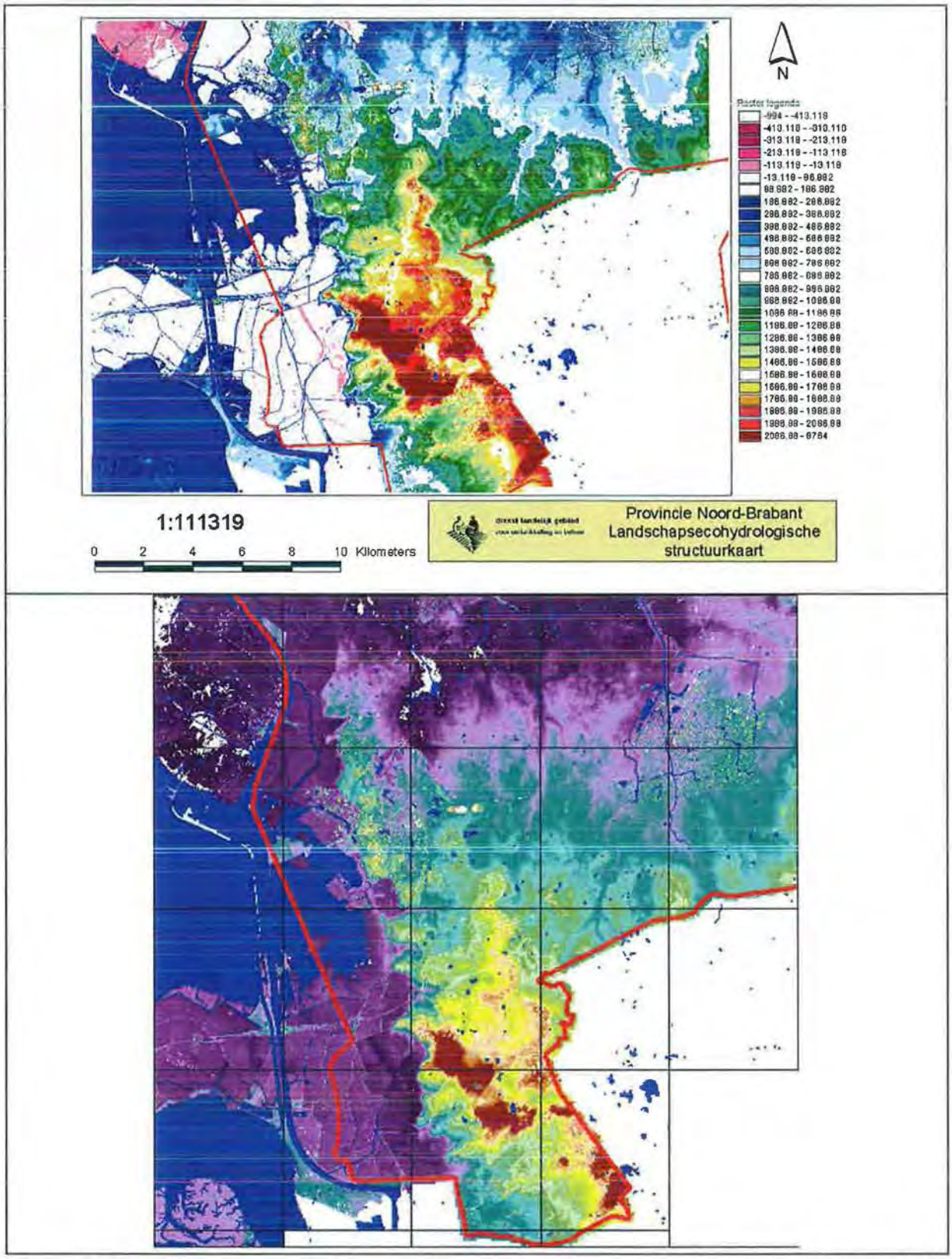
Figuur 33 Meanderende dekzandruggen: in de bovenste figuur staat het stelsel van Grote Slink-Bunthorst – Cleefs-Wit – de Sijp weergegeven. Lange dekzandarmen reiken vanaf de Peelhorst naar weerszijden, nadat water dat van zuid naar noord stroomde door de Peelhorstop de aanwezige anticlinaal botste en een uitweg zocht. Op die weg werd het aan de oostzijde opnieuw tegengehouden en zocht water zich via kronkels een weg noordwaarts. Op de onderste figuur is het stelsel van de Stippelberg te zien. Water dat hier van de Peelhorst stroomde stootte op de wijst van de Milheeze breuk. Lokaal werd enorm veel zand ingevangen en werden de "stippels", de hoge dekzandkoppen langs de breuk gevormd. Water ontsnapte opnieuw zuidwaarts en vormde nieuwe dekzandruggen en deltasystemen voor de breuk. Het water dat uiteindelijk over de breuk stroomde ving opnieuw zand in, maar nu in geringere mate, waardoor langgerekte dunne dekzandruggen zijn gevormd.



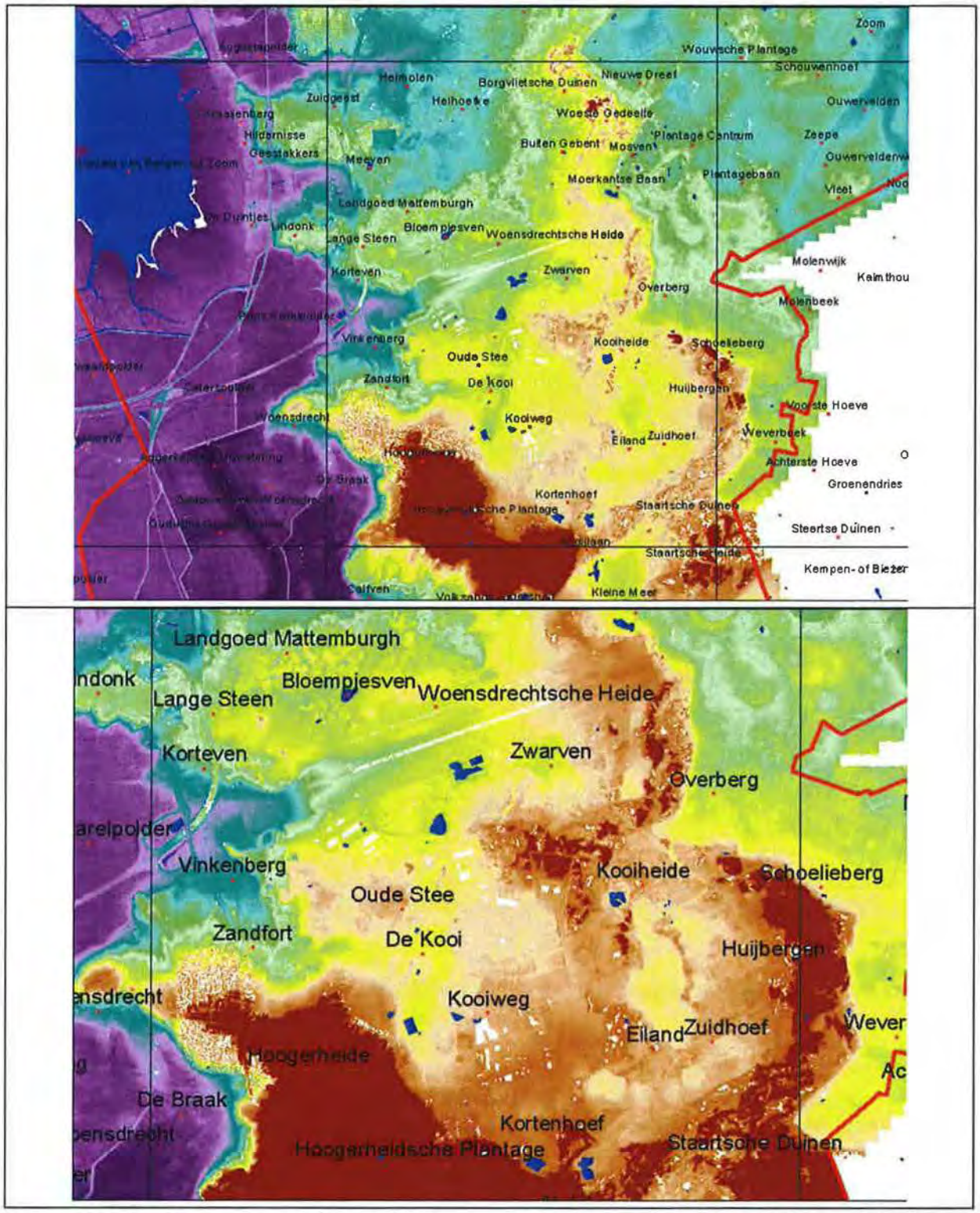
Figuur 34 Meanderende dekzandruggen: zeer complexe meanderende stelsel bij de Stevensbergen bij Luyksgestel. In de onderste figuur zijn de belangrijkste ruggen met zwarte lijnen verduidelijkt. Daaruit blijkt ook dat aan de zuidwestzijde zich een kwelkrater bevindt die een geheel andere oriëntatie heeft, namelijk noordwest, i.p.v. de noordoostelijk gerichte dekzandruggen.



Figuur 35 Dekzandruggen: bovenaan zijn de enorme slingerende dekzandruggen van de Kampina weergegeven. In de onderste figuur zijn de recente verstuivingen in de Loonse en Drunense duinen te zien, die gesuperponeerd zijn op oudere dekzandcomplexen en onderdeel uitmaken van een groot meervoudig kwelsysteem.



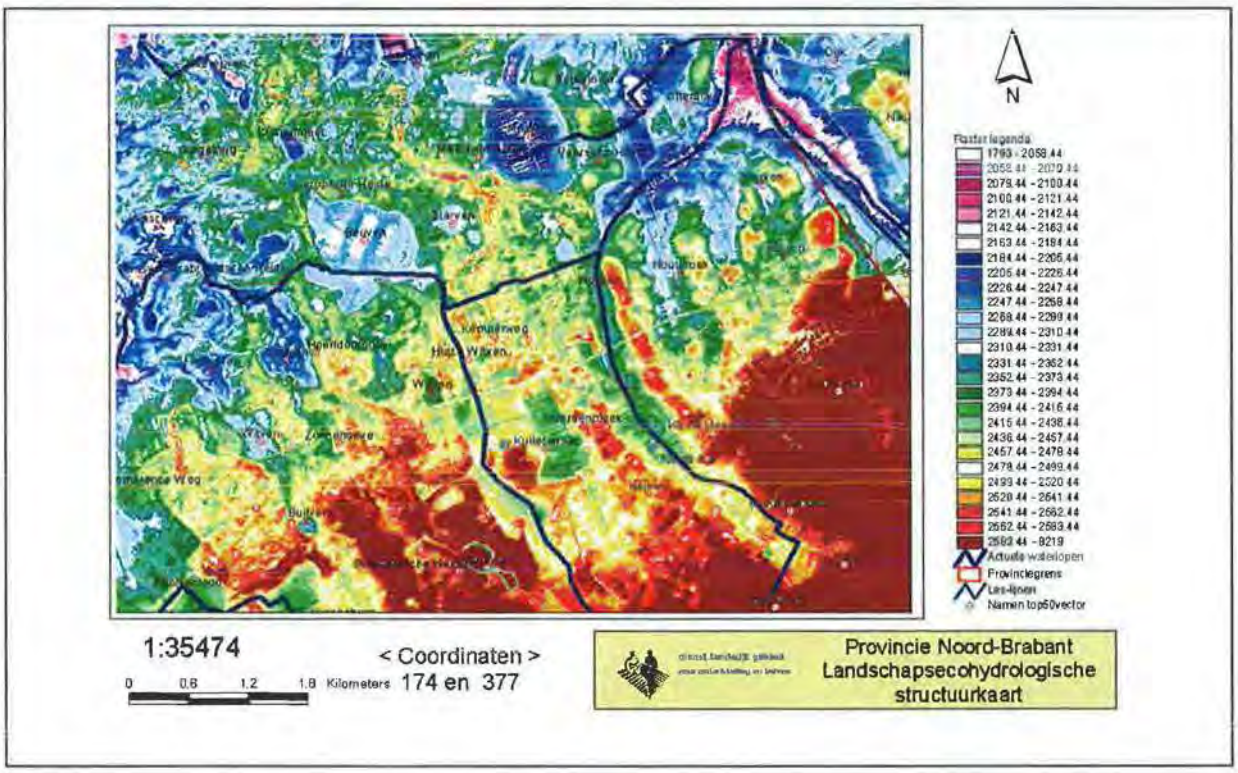
Figuur 36 Dekzandruggen: twee afbeeldingen van de Brabantse wal.Met name op de onderste afbeelding zijn de grote aaneengesloten U-vormen te zien die de kern vormen van het gebied. Daarnaast zijn de lange slingerende ruggen te zien die zich naar het noord-noord-westen uitstrekken.



Figuur 37 Dekzandruggen: de grote U-vormige structuren in het hart van de Brabantse Wal in meer detail.

6.3 Breuken en daarmee verbonden dekzandvormen

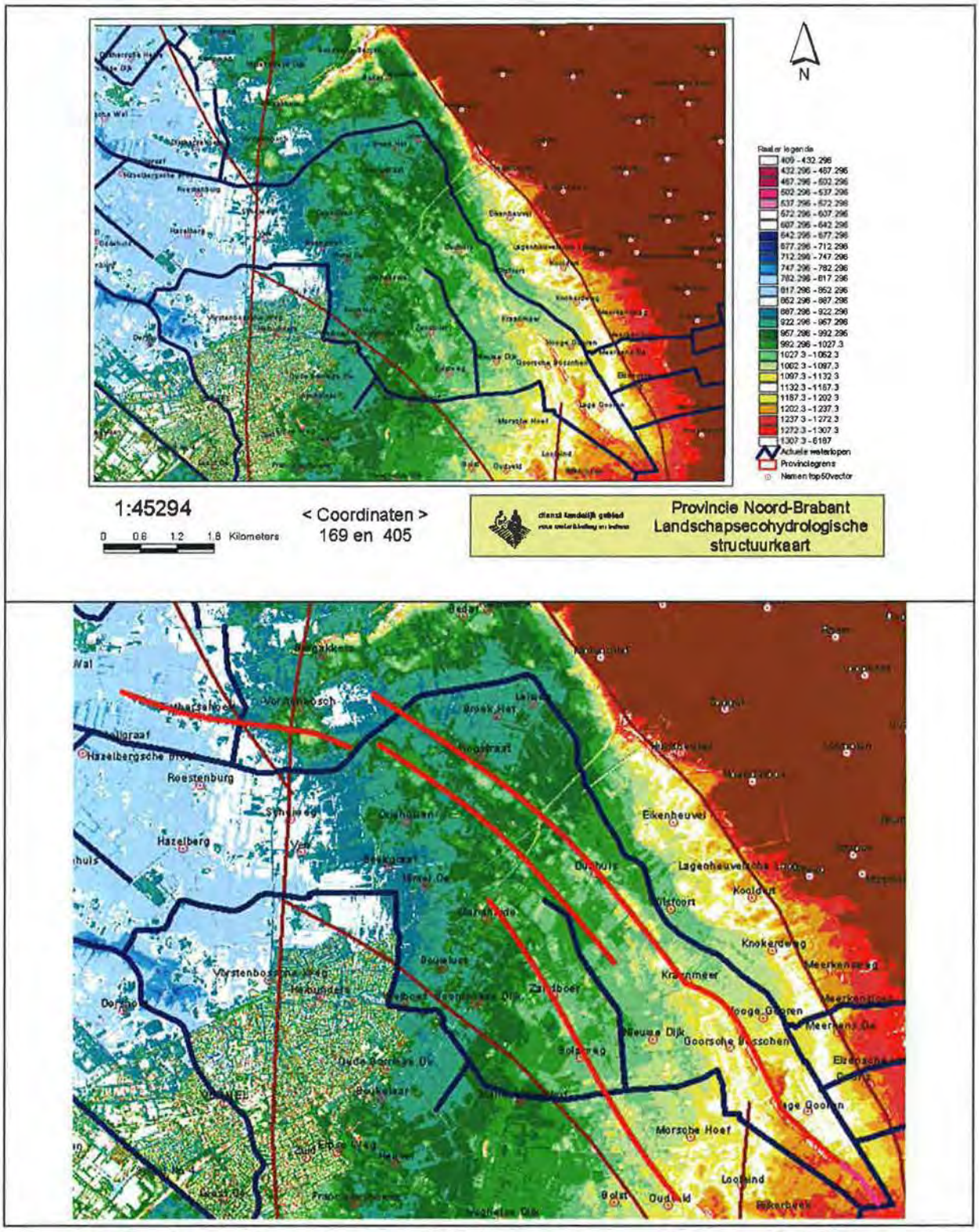
Zoals in de vorige paragraaf is uitlegt zijn de dekzandruggen gevormd door het vastleggen van stuivend zand onder periglaciale condities, in vochtige locaties. Naast de meanderende dekzandruggen en de kwelkraters zijn ook lange gebogen vormen aangetroffen die niet meanderen. Hun aanwezigheid kan verklaard worden door de aanwezigheid van kleine breuken in de ondergrond, waarlangs water het maaiveld bereikt. Door deze gestage voeding van onderaf is het maaiveld vernat en heeft de dekzandrug kunnen groeien.



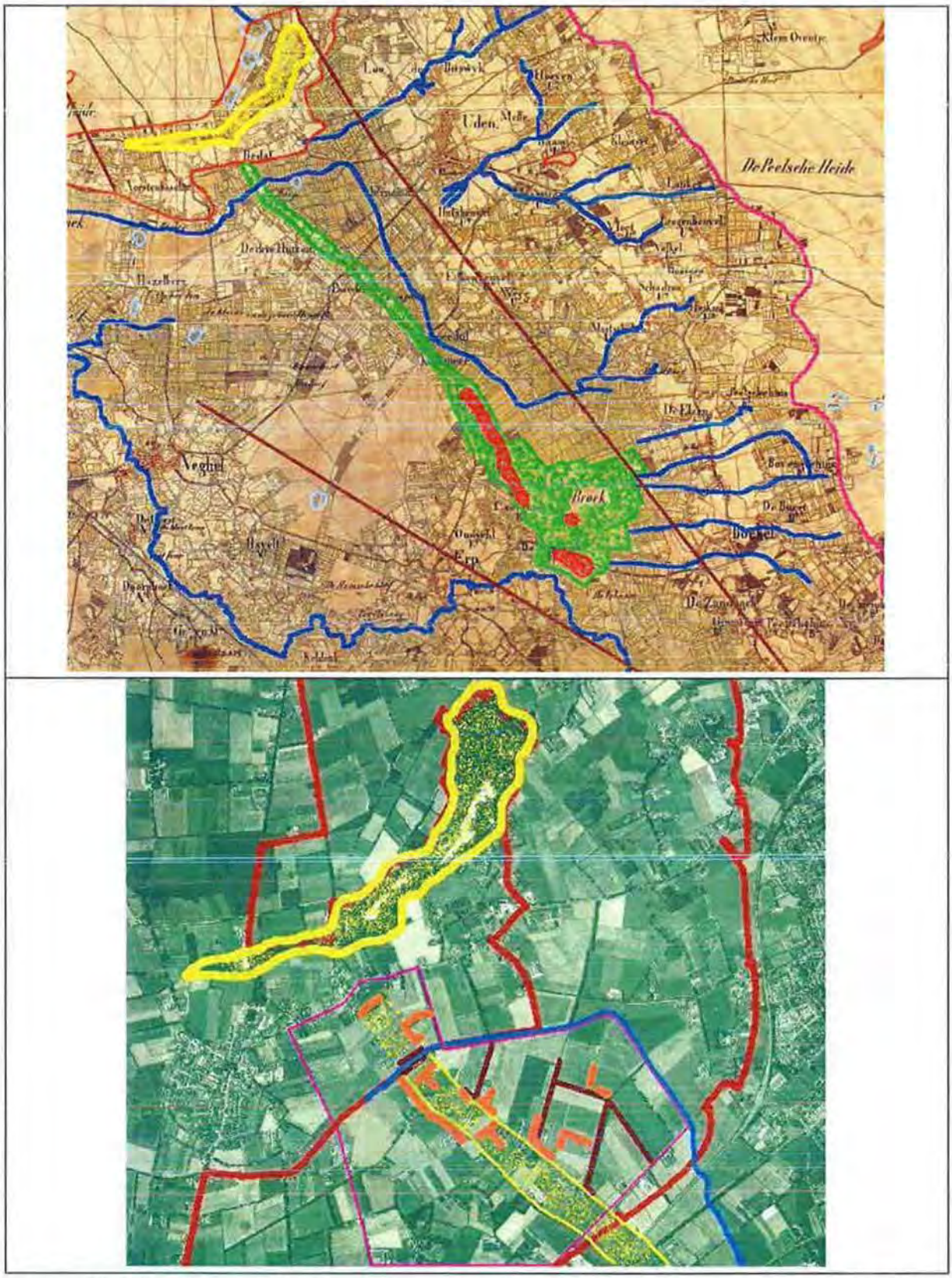
Figuur 38 Dekzandruggen: lange doorlopende en enigszins gekromde dekzandruggen tussen Someren en Lierop.

Een dergelijk systeem is ook aangetroffen onder de Peelrandbreuk, tussen Veghel en Uden bij de dekzandrug van De Hoogstraat. De rug is, zoals de figuren hieronder laten zien, al op de oudere topografische kaarten zichtbaar. Opvallend is in deze ook bijvoorbeeld het toponiem 'Het Broek' op de hoogste punt van deze dekzandrug!

Een klein veldonderzoek naar voorkomen van kwelindicatoren heeft aangetoond dat binnen het onderzochte gebied (paarse lijn op de luchtfoto hieronder) kwel duidelijk geassocieerd is met de rug zelf. In de omgeving ervan komt op zeer veel plaatsen roestkleurig water voor of water met bacterievliezen of afgeschoven slootkanten, die bezwijken onder de hoeveelheid water die terplaatse opwelt.



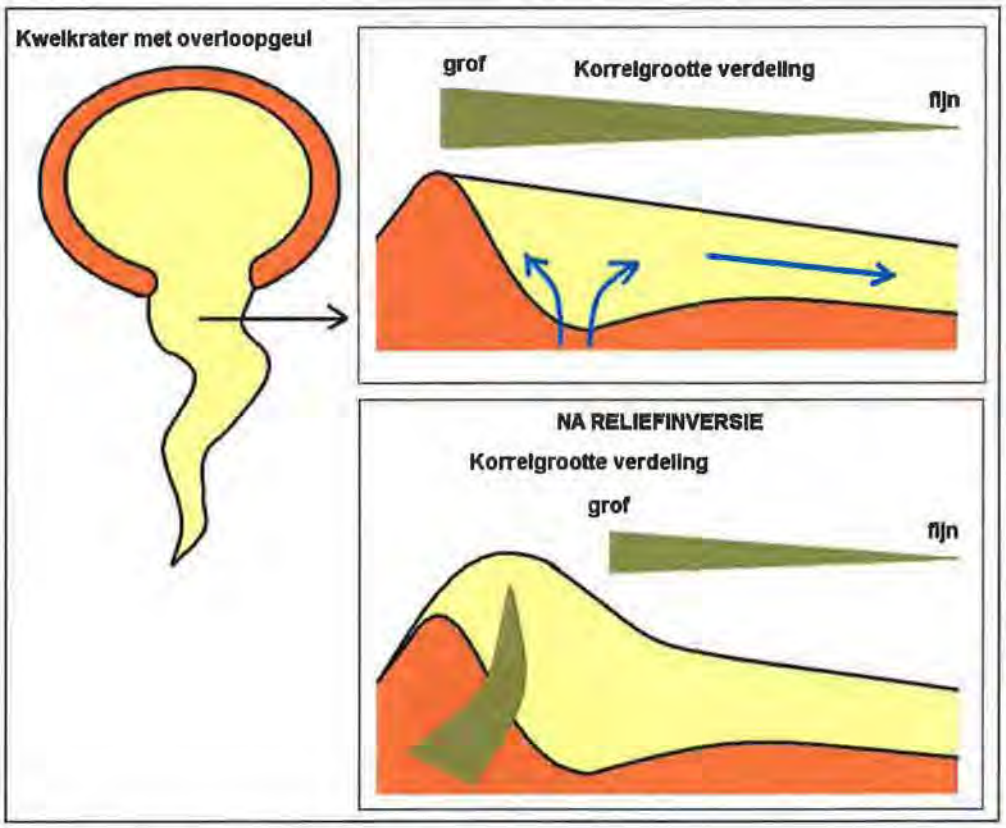
Figuur 39 Dekzandruggen: langgerekte ruggen bij De Hoogtstraat ten noordoosten van Veghel. De ruggen, die in de onderste figuur met rode lijnen zijn verduidelijkt volgen waarschijnlijk breuksystemen die parallel lopen aan de Peelrandbreuk.



Figuur 40 Dekzandruggen: de dekzandrug van de Hoogstraat is duidelijk herkenbaar op de Militair Topografische Kaart (1838-1857). Veldonderzoek gaf aan dat binnen het op de onderste foto paars omlijnde gebied, kwelsoorten (lichtbruine lijnen) en sloten met ijzerrijke kwel (donkerbruine lijnen) nauw geassocieerd zijn met de dekzandrug zelf.

6.4 Kwelkraters

Op Hackfort[79] werden ringvormige laagten ontdekt, met, in één geval, een meanderend overloopgeultje naar een volgende laagte[80]. De bodem daarvan was, als gevolg van ophoping van ijzeroer, steenhard. In het hart ervan was een laagte, waarin het nog steeds kwelde. Analoog aan kleine kwelkratertjes, zoals men die wel op slootbodems ziet, werden ze als kwelkraters betiteld[81]. Hieronder is een afbeelding opgenomen waarin de korrelgrootteverdeling binnen een kwelkrater wordt geïllustreerd (Figuur 41).



Figuur 41 Korrelgrootteverdelingen in een kwelkrater.

Het gaat hier om puntbronnen, die ooit hard genoeg kwelden dan dat zich hier geen zand in kon ophopen. In totaal zijn er inmiddels op het ca 600 ha grote landgoed Hackfort ruim 140 van dergelijke bronnen gevonden. De grootste daarvan is ca. 120 m doorsnee.

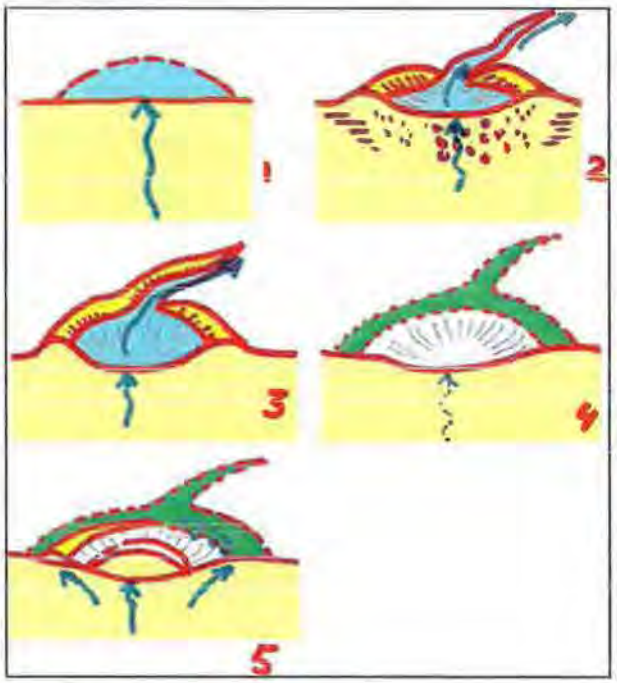
Een schematisch overzicht van het ontstaan van een kwelkrater is weergegeven in Figuur 42. Kwelwater stroomt uit (1) en werpt een ringwal op (2), deze breekt uit en een lange rug wordt gevormd (3). Na verdroging (4) verstuift de ringwal, maar wordt bij hervernatting het eerst weer voorzien van water. Lokaal kunnen dus opnieuw dekzandruggen ontstaan (5 links) maar ook veen (5 rechts) en ook kan de kwelbron in het midden opstuiven.

---

[79] Zie Baaijens(1988), op.cit. en Baaijens & De Poel(1992), op.cit.

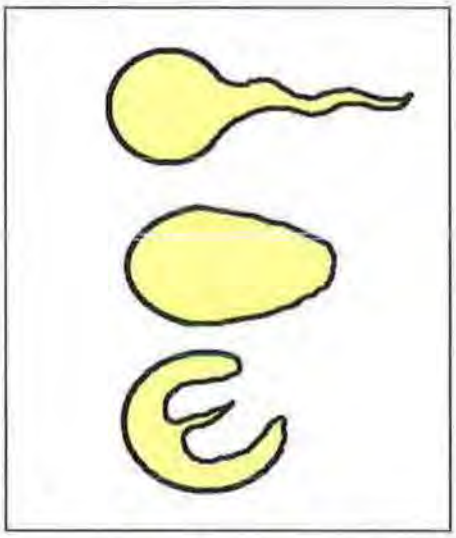
[80] Helaas is dit geomorfologische monumentje thans weggeploegd.

[81] Baaijens(1988), op.cit. en Baaijens & De Poel, op.cit.



Figuur 42 Het ontstaan van een kwelkrater.

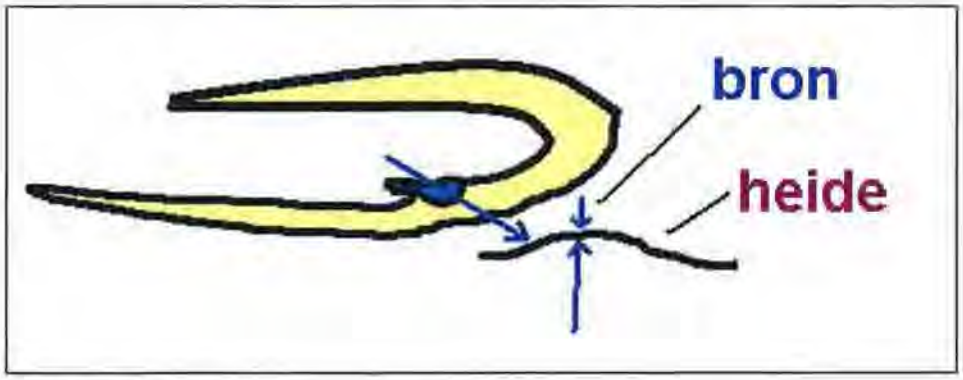
Op en rond Hackfort werden ook enkele variaties op het thema kwelkrater gevonden: in mindere of meerdere mate verstopte puntbronnen. We spreken dan van kwelkoppen (Figuur 43).



Figuur 43 Kwelkraters - van boven naar onder : kwelkrater met uitloop; geheel verstopte puntbron (min of meer eirond, door interactie van wind en water); dubbele puntbron, met krachtige stroming.

Kwelkoppen kunnen in verschillende afmetingen worden aangetroffen. Bij Hackfort ligt Huize de Voorst op het laatste type; het nabij gelegen Warnsveld op het middelste. Die bij Warnsveld is enkele honderden meters lang. Ook in Brabant hebben we kwelkoppen gevonden; één daarvan heet, karakteristiek genoeg, de Welberg. Terzijde zij opgemerkt, dat men als toponiem ook wel eens IJzerhorst of Weehorst aantreft. Dat verwijst dan naar de boerenervaring, dat koeien met bloedarmoede -geregeld verschijnsel na de stalperiode - die graasden op de (ijzerrijke) kwelkoppen van de wee (bloedarmoede) herstelden.

Bij onderzoek in de Gelderse Vallei, nabij Barneveld, werd een kwelkrater van werkelijk immense afmetingen aangetroffen: ca 13 km lang, bij een breedte van ca 4 km[82]. Op de binnenrand daarvan bevinden zich meerdere kleinere kwelkraters. De afmetingen van de grote omhullende krater laten zien, dat ten tijde van de vorming van enorme drukverschillen sprake moet zijn geweest. Op zich is dat alleen begrijpelijk bij een hoogteverschil dat aanzienlijk groter is dan nu het geval is - deze structuren moeten dus zijn gevormd bij een nog minder gerodeerde stuwwal. De kwaterwand is daarbij, mag men veronderstellen, vooral opgebouwd uit goed doorlatend materiaal en op de binnenwand daarvan vormden zich, na het verminderen van de drukverschillen, kleine kraters. De omhullende grote kraterwand fungeerde daarbij als vereffeningsinstrument voor drukverschillen en kennelijk was er van enige asymmetrie sprake, want nadat men beken had aangelegd en de grondwaterstanden dus wat had verlaagd, ontwikkelde zich op de hele noordzijde heide, terwijl op de zuidelijker tak, die ook langer is en dus altijd al wat meer voeding kreeg, alleen lokaal heiden ontwikkelden. Het vreemde is nu, dat men in die zuidelijke arm naast elkaar laaggelegen heiden en hoger gelegen bronnen kan vinden! Zie onderstaande Figuur 44.



Figuur 44 Lage heiden en hoge bronnen

De verklaring daarvoor is dat de bron laag aan de binnenzijde van de kraterwand wortelt en de voeding dus niet vanuit het aangrenzende heideveldje krijgt, maar vanuit een groter, achterliggend systeem. Terzijde zij opgemerkt, dat ontwerpers van verbindingszones in dit soort "verbrokkelde" systemen dus niet het resultaat van versnippering mogen zien - tenzij men de oorspronkelijke situatie, dus zonder beken, zou willen herstellen - maar dat die gescheiden heideveldjes nu juist kenmerkend voor het systeem zijn en, daarmee, de sleutel voor een beter begrip daarvan..

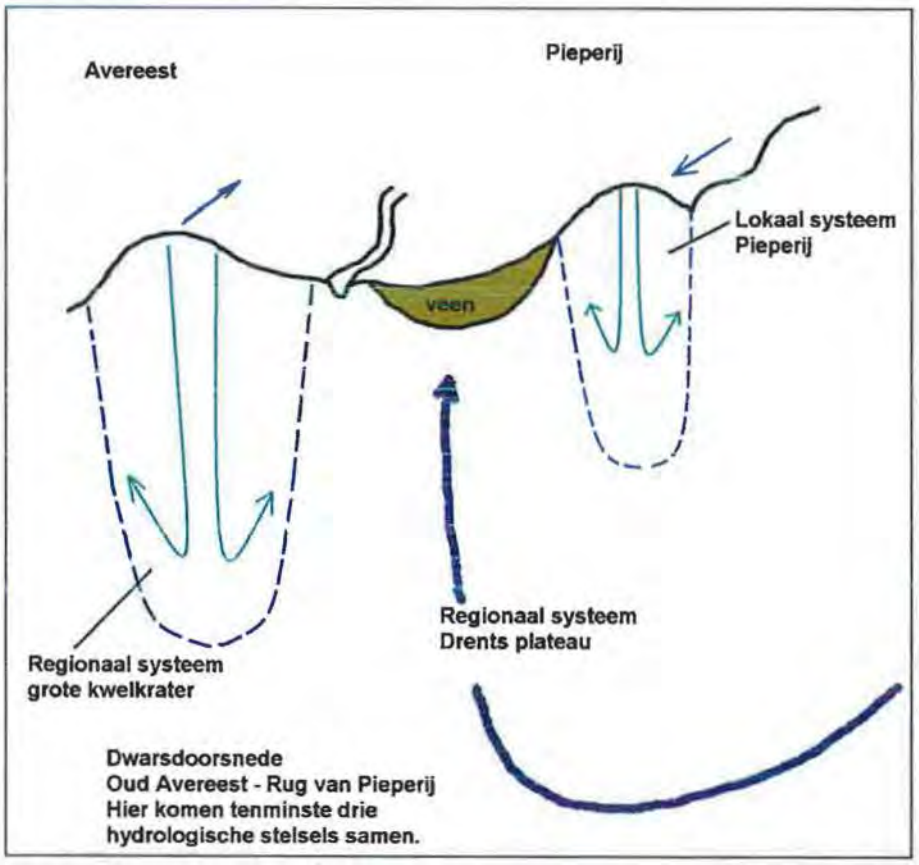
Kort na de ontdekking van deze structuur werd ten zuiden van Zuidwolde (Dr.) een vergelijkbare structuur ontdekt: een "kleine" krater (ca 2 km doorsnee) in de wand van een kwelkrater van ca 20 km doorsnede (zie Figuur 45 en Figuur 46). Binnen die grote ringwal komen dekzandruggen voor, die als spaken in een wiel op het centrum gericht zijn, maar in het zuidwesten is de ringwal kennelijk op enig moment doorbroken. Van de "kleine" krater is de ligging in het grotere systeem op bijgaande tekening aangegeven en voorts is een dwarsdoorsnede gegeven, die illustreert hoe juist buiten die krater een drietal systemen met elkaar interfereert[83]. De buitenrand van de kleine krater was zó nat, dat een daarin aangelegde turfwijk telkens weer instortte. Dat leidde tot de naam de Ongelukkige Wijk en het nabij gelegen Drogteropslagen, werd daarnaar als Het Ongeluk aangeduid[84].

---

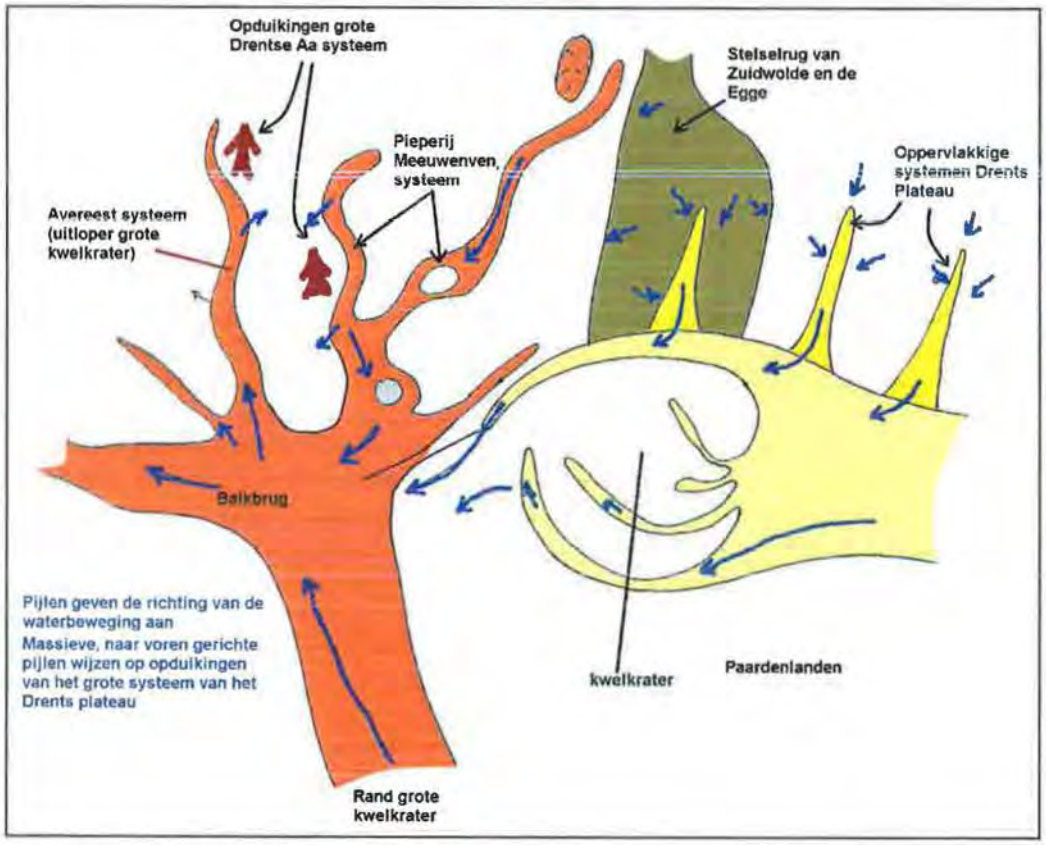
[82] G.J.Baaijens, F.H.Everts & N.P.J. de Vries (in voorber.): Vloeiweidesysteem Klein Bieler - leven op kwelkraters. Lab. voor Plantenecologie/ECG consult everts & de vries. Haren/Groningen.

[83] Ontleend aan bijl. 6 in C-mer(2003):Toetsingsadvies over het milieueffectrapport Herinrichting Zuidwolde-Zuid en de aanvulling daarop. Utrecht.

[84] W. de Boer (1993): Drogteropslagen "toen en nu". Dedemsvaart. Een opmerkelijk verschijnsel is intussen, dat de buitenwand van de omhullende "grote" krater genoeg draineerde dan dat het immense noordelijk ervan liggende hoogveen waaraan Hoogeveen haar naam dankt er moeiteloos haar neerslagoverschot in kwijt kon. In die zin dringt zich de parallel op met de kwelkrater bij Barneveld die we hiervoor bespraken.



Figuur 45 Systemen bij Zuidwolde (profiel).



Figuur 46 Systemen bij Zuidwolde (bovenaanzicht)

De vraag waardoor de drukverschillen veroorzaakt werden die tot een zo enorme structuur leidde, met een stroming die krachtig genoeg was dan dat een stuwwal meters diep versneden werd, bleef bij die gelegenheid open. Het vermoedelijke antwoord kwam in Brabant. Daar werd een vergelijkbare structuur gevonden, met Veghel in het hart. De achterrand ervan, het deel van de Midden-Brabantse dekzandrug[85] oostelijk van de Dommel, kent echter niet of nauwelijks kwel - alleen enkele min of meer ingesloten laagten hebben vermoedelijk enige oppervlakkige toestroming: Böllingveen in het centrum[86] levert vermoedelijk een slecht doorlatend laagje.. Toch heeft deze structuur veel weg van een kwelkrater en aan de westelijke uiteinden ziet men zelfs wat kleinere verwante structuren.

Het antwoord ligt mogelijk in een vergelijkbare tektonische gebeurtenis als zorgde voor de verlegging van de Maas[87] naar het huidige stroombed. Een kleine daling van het maaiveld - en we zitten hier bij een forse synclinaal met een reeks breuken in de (miocene)basis van de Boven-Noordzeegroep, die een snijpunt bij Veghel vertonen[88] - en, daarmee, een verandering van de helling van het maaiveld lijkt het ingesloten water onder grote druk te hebben gezet. Dat lijkt de achtergrond van dit soort reusachtige structuren in zowel het oer-Vechtdal als hier. Opmerkelijk is daarbij, dat de zuidrand een indeuking vertoont, die op afschuiving lijkt te wijzen, dat zuidelijk van de kraterrand een fossiel vlechtend stelsel wordt aangetroffen, wat wijst op hoge stroomsnelheden en, daarna, tamelijk abrupte verdroging en dat Wiggers er de dikste dekzandruggen van ons land aantrof (tot 15 m)[89]. Vooral dat laatste lijkt op een forse maaiveldsdaling te wijzen en in dat beeld van sterk toenemend verhang past ook eigenlijk wel zo'n vlechtend stelsel, naar het zich laat aanzien. Het zuidelijk liggende deel lijkt daarbij zoveel lager te zijn komen te liggen, dat zich langdurig een afwateringsstel vanaf de Peelhorst naar het noordwesten kon ontwikkelen[90]. We vermoeden, dat de benedenloop daarvan zichtbaar is in een kwelkrater bij Liempde. Als dat zo is, is het een mooi voorbeeld van kruisende stelsels.

Belangrijker voor de dag van vandaag is echter, dat de achterrand zich als een vereffeningsinstrument voor drukverschillen lijkt te gedragen. Bij een aantal gelegenheden is het drukverschil met de Peelhorst toegenomen door afschuiving en de nevenkraters aan het uiteinde van de meest westelijke hoorn van de Veghelse krater lijken daar mee samen te hangen. Dat wijst op een opbouw, die uit betrekkelijk grof materiaal moet bestaan, terwijl het centrum min of meer verstopt lijkt. Ook hier, net als bij Zuidwolde, zien we overigens een structuur van dekzandruggen, die, vooral vanaf de Peelhorst, alle min of meer naar het centrum wijzen en de neiging hebben smaller te worden. Dat wijst op wegzijging.

In dat beeld van wegzijging past ook, dat het zoet-zout-scheidingsvlak (zie de afbeelding hiervan in Figuur 13) hier weggedrukt lijkt te zijn. Sinds Meinardi's baanbrekende studies over opwelving van zoet-zout-scheidingsvlakken door diepe stroombanen ter weerszijden van het Veluwe-massief[91] is men geneigd om, enerzijds, dergelijke vlakken als min of meer vaste systeemgrenzen te beschouwen,

---

[85] Bestudering van de AHN laat zien, dat van een enkele rug geen sprake is. De zuidrand ligt niet in elkaars verlengde en het westelijke deel vormt ook geen eigenlijk rug, maar bestaat uit een aaneengesloten strook drogere (podzol-)gronden, vroegere heidevelden. Oostelijk van de Dommel is wel van een duidelijke rug sprake.

[86] J.H.Bisschops (1982): Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Eindhoven Oost 51 O.2e druk.Haarlem.

[87] O.m.T.E. Wong et al.(2001): Toelichting bij kaartbladen XIII en XIV Breda-Valkenswaard en Oss-Roermond. Geologische atlas van de diepere ondergrond van Nederland. Utrecht. J. Vandenberghe, L.Krook & L. van der Valk (1986): On the provenance of the early-pleistocene fluvial system in the southern Netherlands. Geol. en Mijnb. 65:3-12.

[88] Zie Wong et al., op.cit., de aansluitende kaartbladen XIV.

[89] A.J.Wiggers (1962): .... Med.Geol.St.N.S. 15

[90] Zie Bisschops, op.cit. Helaas is op het aansluitende blad Eindhoven West van een vergelijkbare kartering geen sprake.

[91] O.m. C.R. Meinardi (1974): De chemische samenstelling van het grondwater van de Veluwe. RID-med. 74-4. Z.pl.; S.Jelgersma & C.R.Meinardi (1979): Toelichting bij de hydrogeologische gegevens van Gelderland en Flevoland. Haarlem/Voorburg. Bijl. bij T.J. van de Nes & E.Romijn (red.): Een systeembenadering voor de waterhuishouding van Gelderland. Verkorte versie van het eindrapport van de Commissie bestudering waterhuishouding Gelderland. Arnhem, 1980. Voor brakwateropwelvingen in de Alblasserwaard had Meinardi dat al eerder betoogd, n.a.v. het proefschrift vanW. Geirnaert (1973): The hydrogeology and hydrochemistry of the lower Rhine fluvial plain. Leidse Geol.Med. 49:59-84.

zowel in het horizontale[92] als het verticale[93] vlak, en, anderzijds, zoet water altijd als drijvende kracht van onder af te beschouwen. Niet dat Meinardi aanleiding geeft tot dergelijke gedachten, overigens, maar men zou bijna vergeten, dat ook het wegdrukken van zout water een algemeen verschijnsel is – met als beroemdste voorbeeld natuurlijk de zoetwaterlens onder de kustduinen – terwijl ook, langs breukvlakken bijv., zout of brak water omhoog geperst kan worden. De (vroegere) voorkomens van brakwatersoorten in het Kromme Rijngebied en de Vechtstreek, geregistreerd door Gevers Deynoot[94], zijn daarvan getuigen.

Het illustreert, dat van eenduidige verklaringen voor de diepteligging van het zoet-zout-scheidingsvlak geen sprake kan zijn. De diepteligging van mariene miocene kleien is primair bepalend, maar langs lekkende breukranden is opwaartse beweging van sterk halien water van, bijvoorbeeld, Carboon ouderdom mogelijk. Anderzijds lijkt in de Centrale Slenk de ligging bepaald door tektonische beweging: de diepe zoetwaterzak onder Eindhoven lijkt onder invloed van in die richting afhellende afzettingen èn door de daaraan ten grondslag liggende tektonische bewegingen van zowel de Peelhorst als het Kempisch Plateau tot stand te zijn gekomen: het zoete water is er als het ware ingeperst en de helling van slecht doorlatende lagen blijft bepalend voor de instandhouding ervan. En onder de kraterrand van Veghel lijkt van een stabiele toestand nog geen sprake te zijn.

De vraag wat nu precies bepalend is, is niet alleen theoretisch van belang, want de diepte van zoetwaterlenzen bepaalt ook de drukverschillen in kwelgebieden. Een kleine greppel in een infiltratiegebied kan daardoor, omdat de opbolling maatgevend is, samen met de horizontale uitbreiding van het systeem, voor de diepte van de onderliggende zoetwaterzak, een groot effect hebben op de kwel elders. De Wet van Badon-Ghyben-Herzberg geldt bij alle dichtheidsverschillen. In dit licht moet men ook het effect van beekaanleg zien: door kwelkoppen af te tappen kon daardoor de regenwaterinvloed lokaal toenemen. (Zie voor een nadere uitleg het INTERMEZZO).

---

[92] Alle waterbeweging zou zich dan daarboven afspelen. Deze redenatie leidde tot de beschouwingen over het effect van bruinkoolwinning op grondwaterstanden in Brabant.

[93] Brakwaterwelvingen worden dan beschouwd als grenzen tussen hydrologische systemen. Op die regel lijken minder uitzonderingen te zijn.

[94] P.M.E.Gevers Deynoot (1843): Flora van Utrecht. Utrecht. Een heruitgave werd in 1970 bezorgd door J.T. de Smidt en F.A.Stafleu, die in hun voorwoord terecht en met verbazing op die brakwaterinvloed wezen. E. van der Maarel (Enkele opmerkingen over de flora van Utrecht. Gorteria 6(1972)17-19), meende er zoutfongen op de Vecht in te zien. Voor het Kromme Rijngebied kan dat zeker niet gelden en daar zijn soorten als Heemst, Zulte, Engels Gras en Zilte Zegge gevonden. Interessant in dit verband is overigens, dat een Moorse gezant, Ibrahim ibn Ahmed ad-Tartusch in 973 melding maakte van zoutsteppen rond Utrecht. Men heeft daar hoogvenen in willen zien (M.Succow & L.Jeschke (1990). Moore in der Landschaft.Thun/Frankfurt/Main), maar het lijkt niet echt waarschijnlijk dat iemand die met zoutsteppen vertrouwd is die met hoogvenen verward zou hebben. De brakwaterinvloed is beëindigd door de aanleg van het Amsterdam-Rijnkanaal.

INTERMEZZO - De Wet van Badon Ghyben-Herzberg

De Wet van Badon Ghyben-Herzberg geldt bij alle dichtheidsverschillen. In dit licht moet men ook het effect van beekaanleg zien: door kwelkoppen af te tappen kon daardoor de regenwaterinvloed lokaal toenemen. Onafhankelijk van elkaar ontdekten rond 1900 een Nederlandse (Badon Ghyben) en een Duitse ingenieur (Herzberg), dat onder duinen het zeewaterniveau niet doorliep, maar dat zich daar een min of meer eirond complex zoet water bevond, dat met de stompe kant boven het zeeniveau uitsteeg en er met de spitse kant diep instak. De hoogte van de opbolling en de duinen en de diepte van de zoetwaterzak daaronder bleek afhankelijk te zijn van het verschil in dichtheid (het soortelijk gewicht, zou men kunnen zeggen) van zoet en zout water. duincomplex. De door hen beschreven wetmatigheid staat bekend als de wet van Badon Ghyben-Herzberg of Ghyben-Herzberg[95].

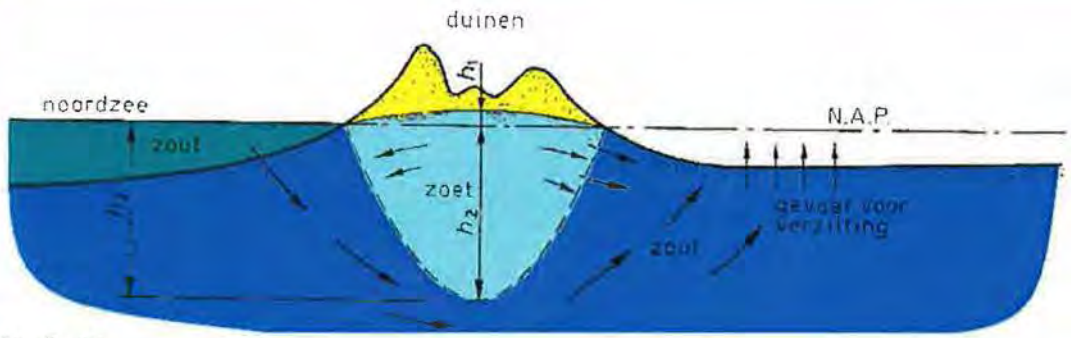


Fig. I. 18

Het zoete water (γ = 1000 kgf/m³) mengt zich bijna niet met het zwaardere zeewater (γ = 1025 kgf/m³). Het drijft als het ware op het zeewater zoals ook lichte olie op water drijft (fig. I. 18).

Voor de toestand van *evenwicht* moet gelden :

$$\gamma_{zout} \cdot h_2 = \gamma_{zoet} (h_1 + h_2)$$

Deze betrekking is reeds in 1889 door de genie-officier Badon Ghyben afgeleid.

Figuur 47 Illustratie van de betrekkingen in de wet Badon Ghyben-Herzberg.

De Wet van Badon Ghyben-Herzberg is voor rekenkundige exercities eigenlijk alleen toegepast bij infiltratiewerken in duingebieden, waar door grondwaterwinning zout water omhoog kwam en de winningsputten bereikte. Verwaarlozing van die betrekkingen in het binnenland is regel, maar niet altijd gerechtvaardigd. Die wet wordt gewoonlijk verwaarloosd in studies in zoete gebieden, maar ook daar komen dichtheidsverschillen voor, bijv. tussen infiltrerend regenwater en uittredend grondwater. De verschillen zijn weliswaar gering - in de duinen leidt het verschil in dichtheid van zeewater en zoet water tot een zoetwaterzak die ongeveer 40 x zo diep steekt als de opbolling boven zeewaterniveau hoog is - maar naarmate ze geringer zijn, zal de infiltratiediepte toenemen. Dat heeft in Brabant bijvoorbeeld gevolgen voor de ligging van het zoet-zout-scheidingsvlak, dat hier is **gedefinieerd** als het vlak, waar het **grond**water 100 **mg** chloride/l heeft[96].

---

[95] De relatie is in elk handboek over hydrologie te vinden, bijv. in D.K.Todd 1959): Ground water hydrology. New York/London/Tokyo of J.J. de Vries(1980): Inleiding tot de hydrologie van Nederland. Amsterdam. De afbeelding is uit: I.W. Nortier en H. van der Velde (1961) Hydraulica voor waterbouwkundigen. Technische Uitgeverij Stam; Culemborg. Ook de breedte van het duincomplex speelt een rol, omdat altijd stroming optreedt en van een statische toestand nooit sprake is. Een voorbeeldige samenvatting van de verschillende complicaties, toegespitst op Nederlandse omstandigheden, is te vinden in T.W.M. Bakker(1981): Nederlandse kustduinen - geohydrologie. Diss. LH Wageningen. Wageningen.

[96] Elders is 300 mg/l gangbaar. Elke grens is willekeurig, maar afgaand op de indikking als gevolg van verdamping van regenwater zou ca 30 mg/l als grens genomen moeten worden. De 300 mg Cl/l komt voort uit de bovengrens van water, dat nog voor veedrenking geschikt is. De 100 mg grens in Brabant lijkt vooral ingegeven te zijn door de wens althans nog iets

Een ander gevolg van een dergelijke verwaarlozing is, dat ecohydrologen menen basenverzadiging te zien waar in werkelijkheid van ontwateringseffecten sprake is[97]. Bij infiltratie van regenwater in een rug zal verdringing van het onderliggende water plaats vinden. Omdat water niet samendrukbaar is, zal elders water uittreden en onder de rug zal zich op den duur een regenwaterbel vormen, waarvan de diepte bepaald wordt door dichtheidsverschillen met het omringende, basenrijkere water

Als, wat in lagere delen van het gebied regel is, de infiltratie bemoeilijkt wordt door toestroming van water van elders, zal het neerslagoverschot zijdelings afstromen naar laagten - dat is het proces dat in het Atlanticum geleid heeft tot veenvorming in diezelfde laagten. In die dichtheidsverschillen schuilt ook de verklaring voor geneste systemen: het hoogste punt in een stroomgebied zal een 'infiltratiekegel' genereren, wat lagere hoogten binnen datzelfde stroomgebied doen hetzelfde en als gevolg van de interactie zal een reeks infiltratiekegelties ontstaan, ingebed in een door het hoogste punt bepaalde stelsel[98].

Consequentie daarvan is, dat wanneer in een infiltratiegebied een ondiep slootje wordt gegraven de infiltratiebel aanzienlijk minder diep wordt en de kwel in het aangrenzende lagere deel sterk afneemt: die wordt immers mede bepaald door de 'infiltratiekegel'. Een slootje aan de rand van een hoogte, die bepaald werd door toestroming van water van elders, anderzijds, leidt tot ontwikkeling van een 'infiltratiekegel' onder die hoogte en daarmee wordt dus niet alleen de kwelstroom afgetapt, maar geconcentreerd in de nieuwe watergang. Daarin schuilt de ratio van de middeleeuwse beekaanleg; daarin ook schuilt de ratio van de van de ene flank van het beekdal naar de andere wippende beken als de Berkel en de Dommel en tientallen, zoniet honderden andere beken.

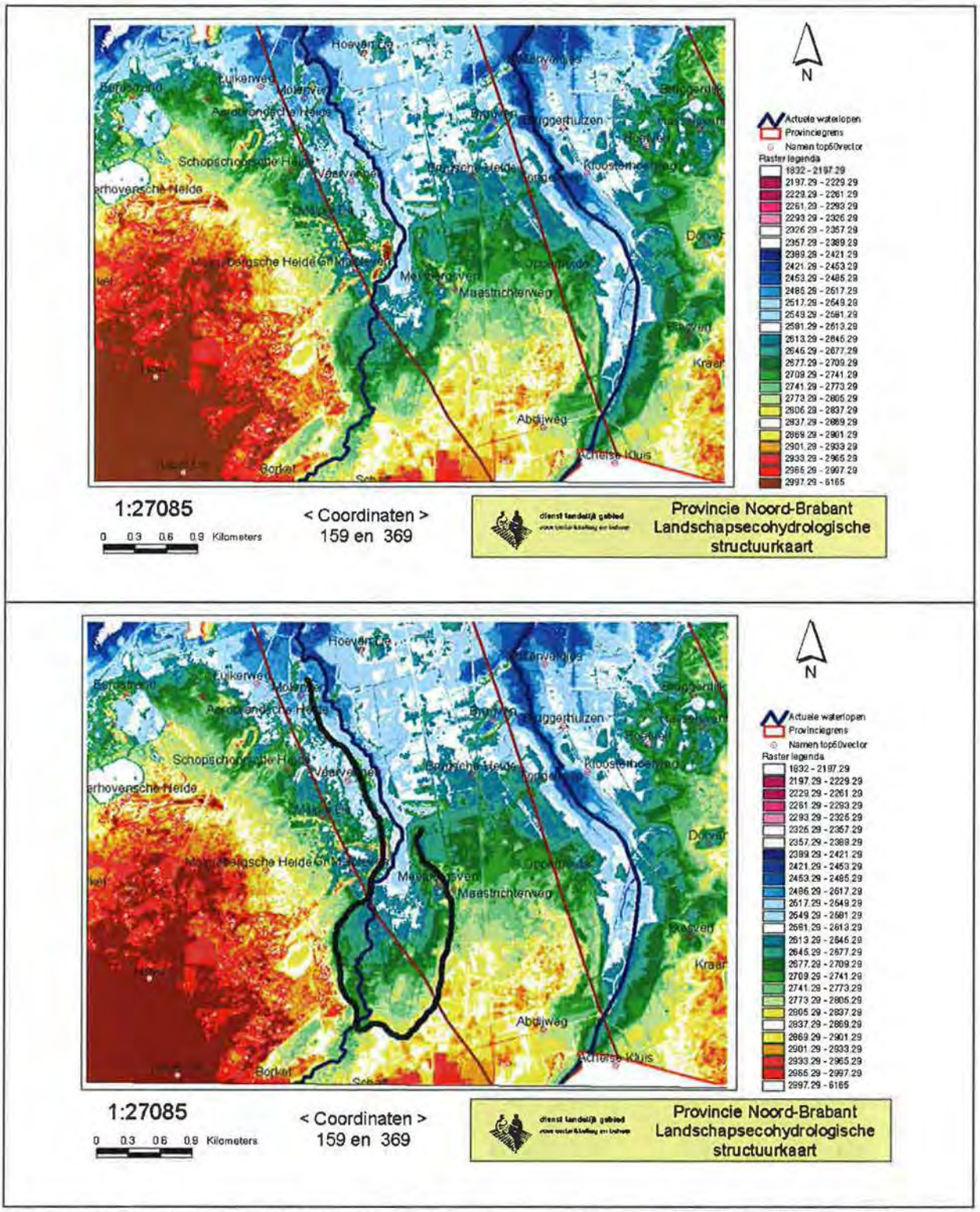
Zo'n slootje in een rug laag in het systeem kan er dus toe leiden, dat men, als men grondwaterstandsbuizen met filters op verschillende diepte in die rug plaatst, al snel in basenverzadigd water belandt. Waar in de meest kalkrijke jonge duinen gewoonlijk toch een passage van 15 m nodig is om basenverzadiging te bereiken, moet het dus als "verdacht" beschouwd worden wanneer binnen die afstand al "gerijpt" grondwater wordt aangetroffen. Die argwaan blijkt maar weinig onderzoekers aan te kleven, met als gevolg dat men de omvang van de te beschrijven systemen grotelijks onderschat en buitengewoon belangrijke zaken, als eenvoudige herstelmogelijkheden, mist. Voor natuurbeheerders is deze kwestie van belang in die zin, dat zelfs demping van gewoonlijk droogstaande sloten een niet te onderschatten bijdrage levert aan herstel van de oorspronkelijke hydrologische systemen en, daarmee, aan vergroting van de bergingsmogelijkheden èn bevordering van basisafvoer van beken en kwel in lager gelegen gebieden. Versimpelend: demping van de sloten in de Chaamse bossen leidt tot vermindering van de overstromingsrisico's bij Breda., eenvoudig omdat, in cultuurtechnische termen, de reactiefactor van het systeem gewijzigd wordt in een, vanuit waterbeheersingsoogpunt, positieve zin. En de kwel in de Haagse Beemden wordt er, langs een omweg, door bevorderd.

---

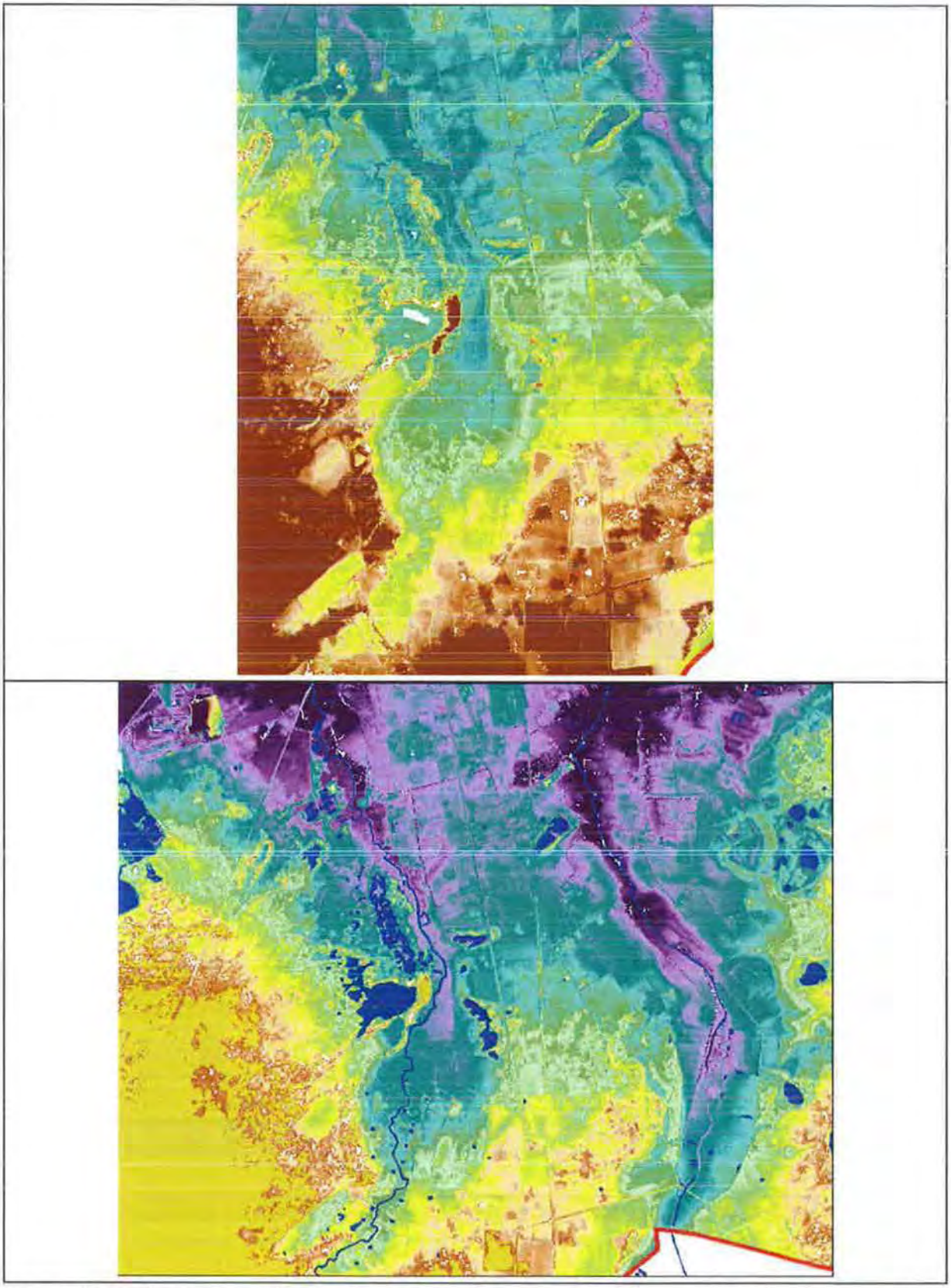
zichtbaar te kunnen maken op kaarten. Daarbij wordt er aan voorbijgegaan - en vanuit een oogpunt van systeembeschrijving is nu juist die vraag van belang - of dat niveau bepaald wordt door verzoeting van een van oorsprong zoute ondergrond, dus door neerwaartse beweging, door verzilting van door opwaartse beweging van stroomopwaarts geïnfiltreerd zoet water, of door tektonische oorzaken, m.a.w. het opwaarts rijzen van oudere mariene afzettingen. Dat laatste lijkt bepalend voor de brakwateropwelving in het centrum van het Land van Heusden en Altena en dat proces beïnvloedt het afstromingspatroon van de gronden westelijk van de Centrale Slenk en lijkt, daarmee, bepalend voor de strekking van dekzandruggen in het westelijke deel van diezelfde Slenk.

[97] Uit piëteit met de betreffende onderzoekers zien we hier af van literatuurverwijzigingen.

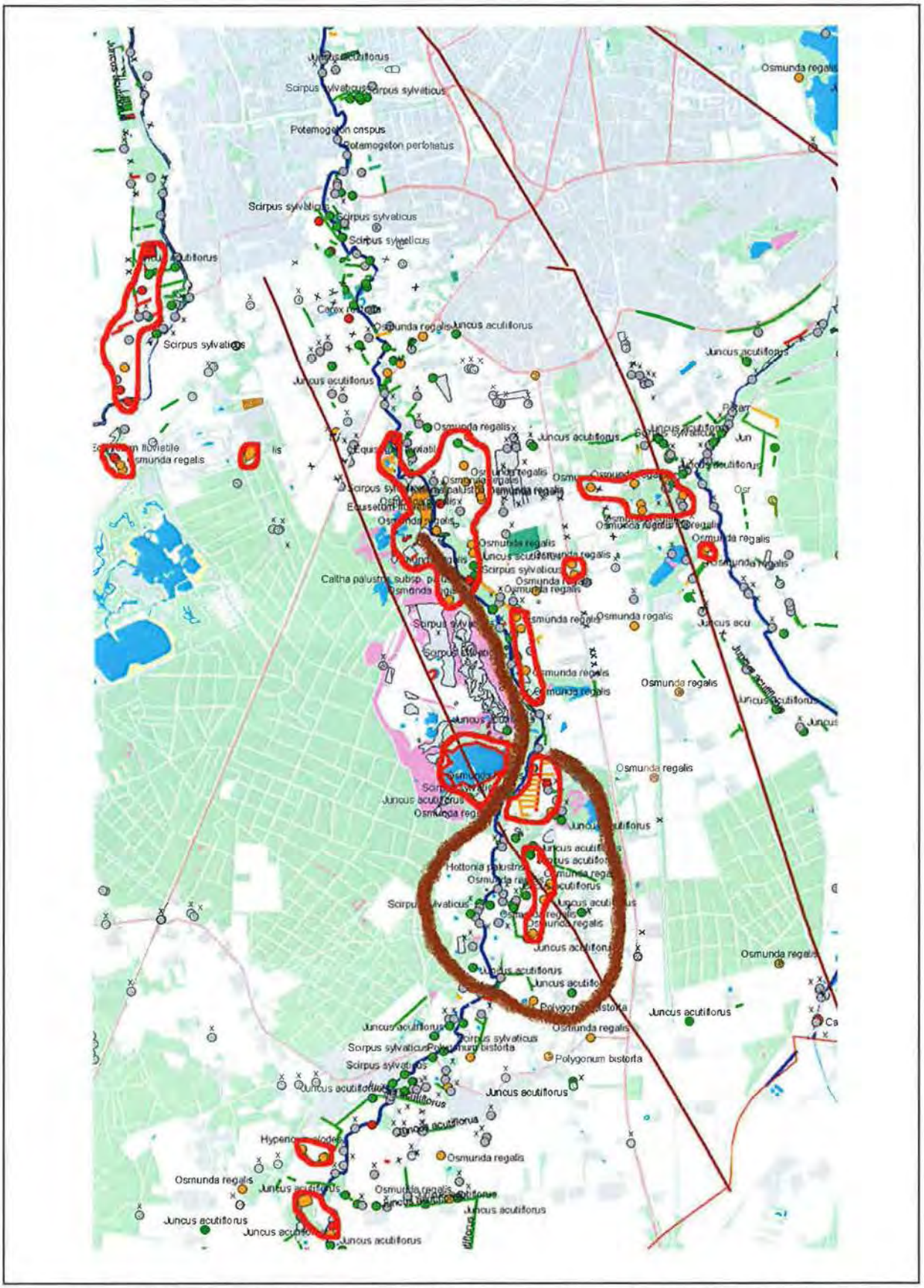
[98] Een en ander wordt overigens gecompliceerd doordat die dichtheid en de dichtheidsverschillen niet constant zijn, maar door oplossing van stoffen geleidelijk veranderen en het aanbod aan oplosbare stoffen niet gelijkmatig verdeeld behoeft te zijn.



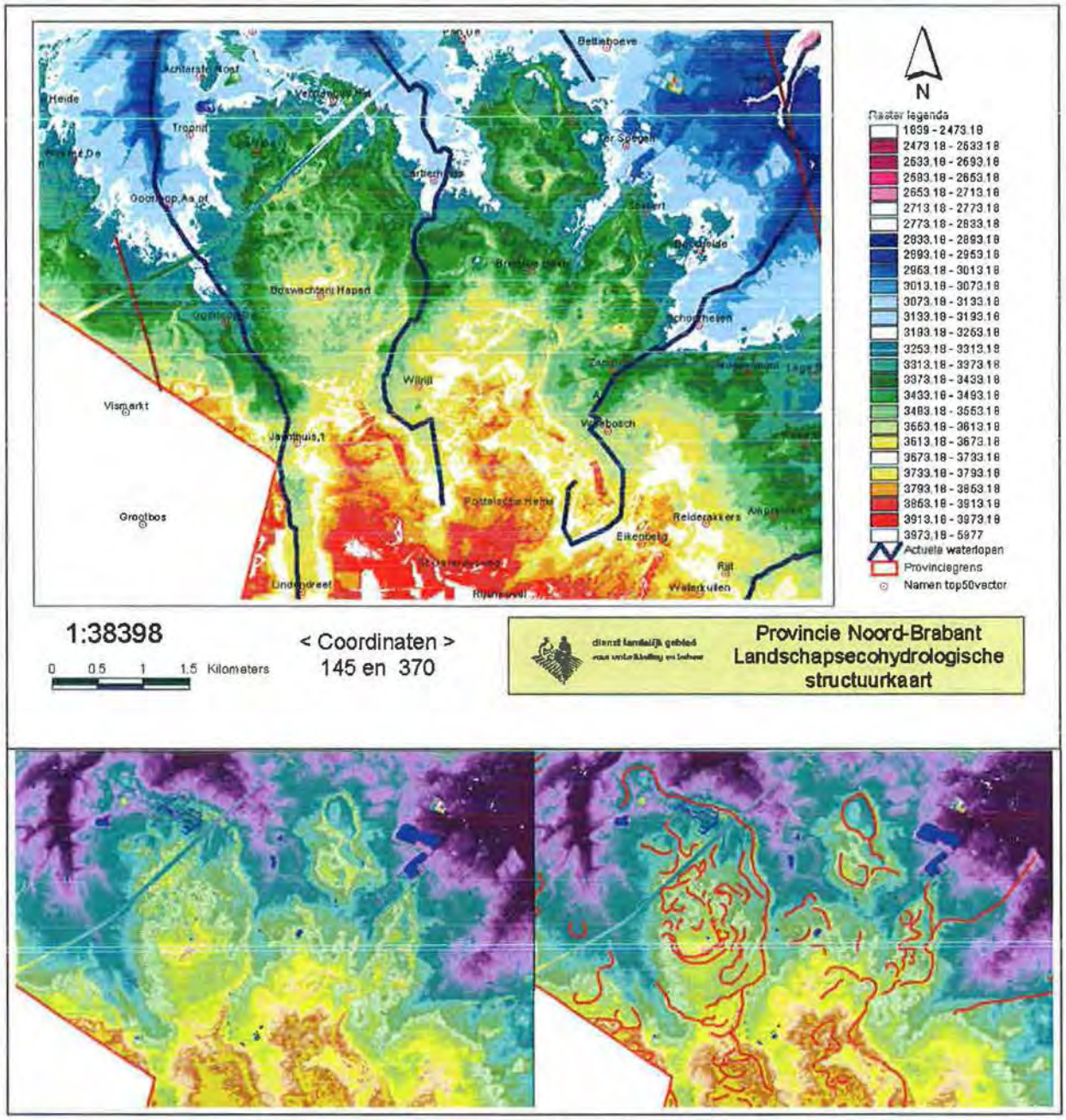
Figuur 48 De kwelkrater van de Malpie met een diameter van ca. 800 m. Op de onderste afbeelding is de contour van de kwelkrater met een zwarte lijn verduidelijkt.



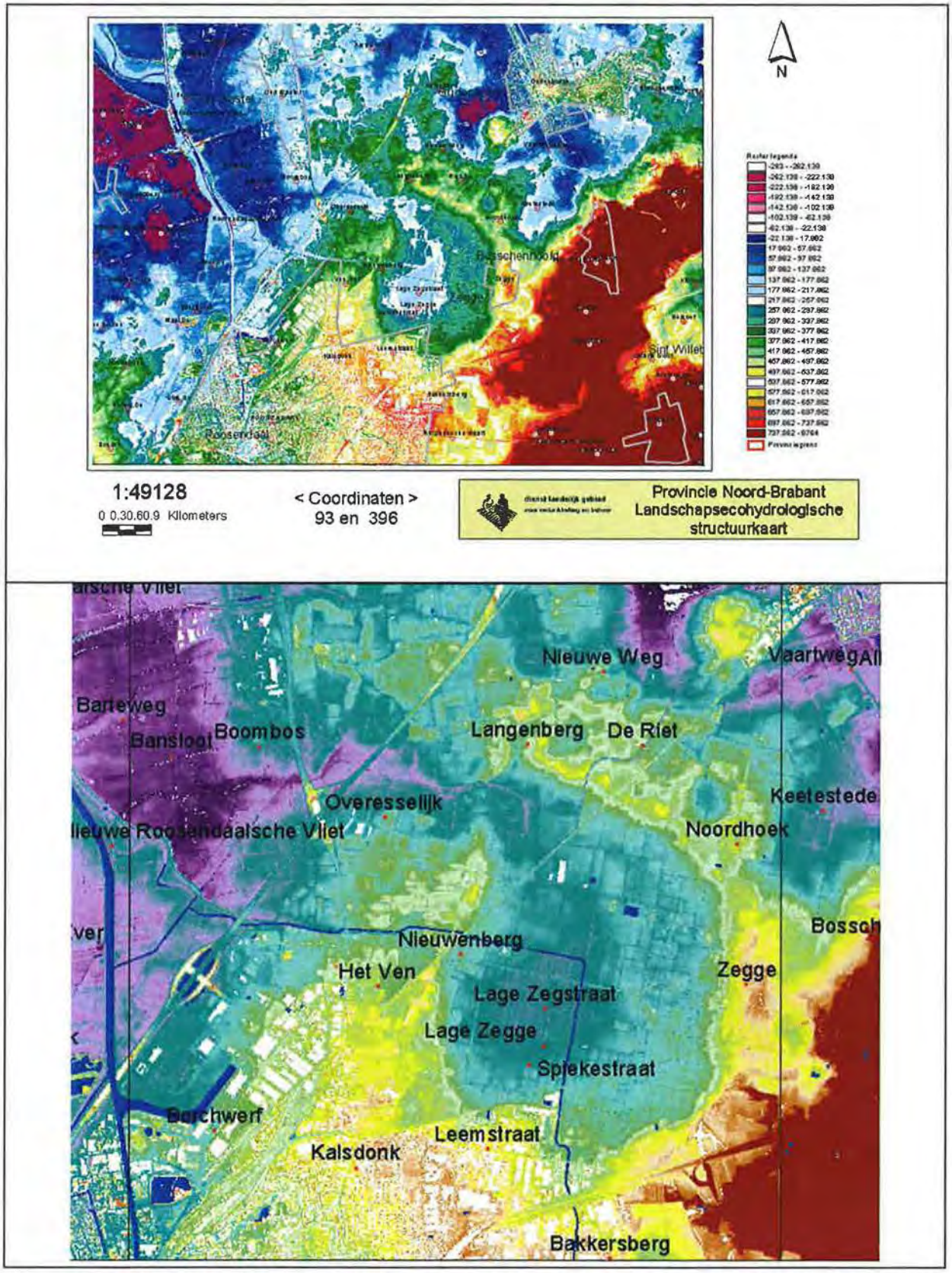
Figuur 49 Kwelkraters: twee afbeeldingen van de kwelkrater van de Malpie met de Bosatlas kleurenset. Vooral op de bovenste afbeelding is de hogere rand aan de westzijde van de Dommel goed zichtbaar. Deze zijde kreeg dus de meeste kwel aangevoerd en kon dus het hoogst opstuiven.



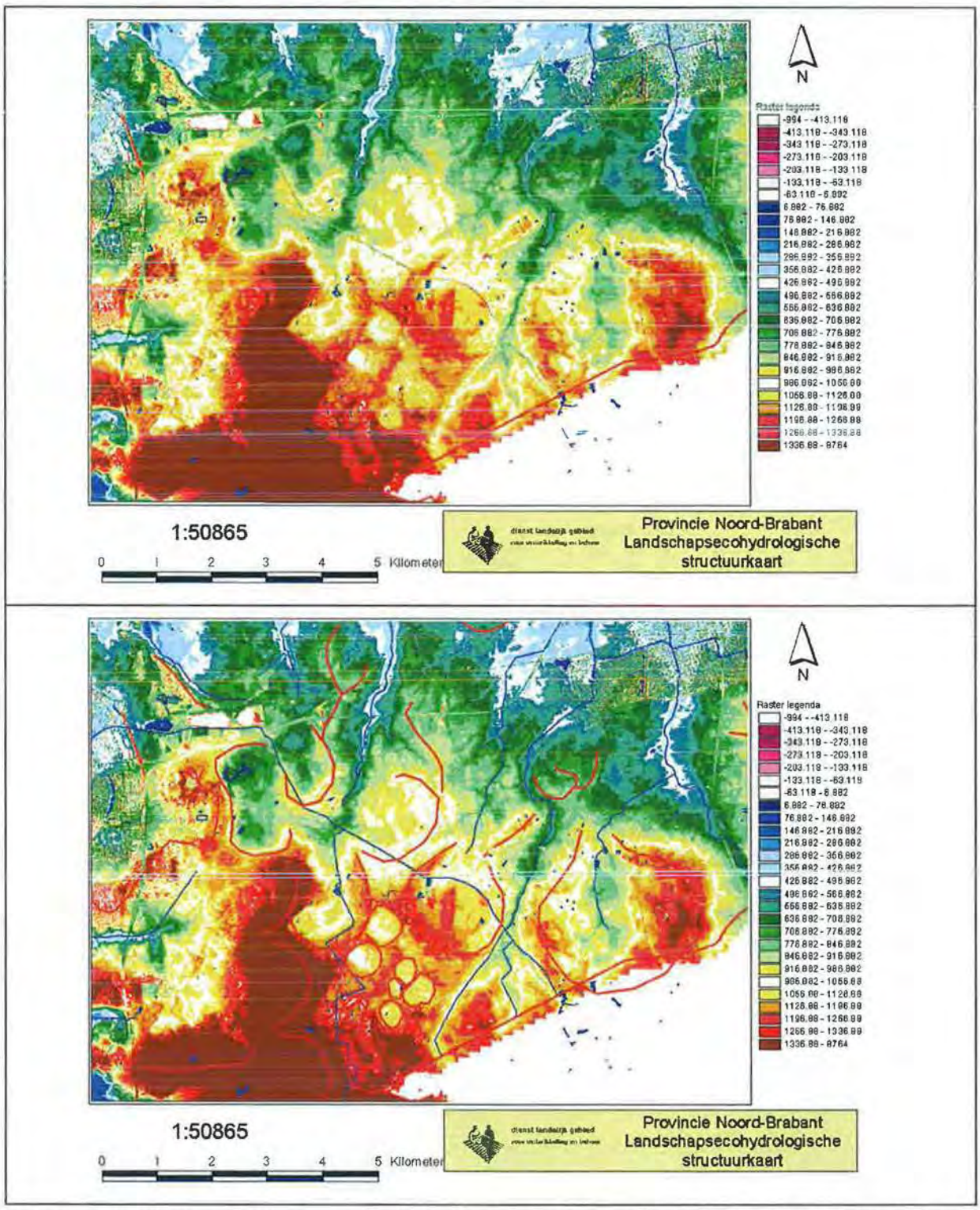
Figuur 50 Kwelkraters: de locaties van kwelindicerende soorten. Deze zijn met rode lijnen omkaderd. Zoals verwacht mag worden is er kwel in het hart van het systeem en langs de rand waar de meeste voeding plaatsvindt.



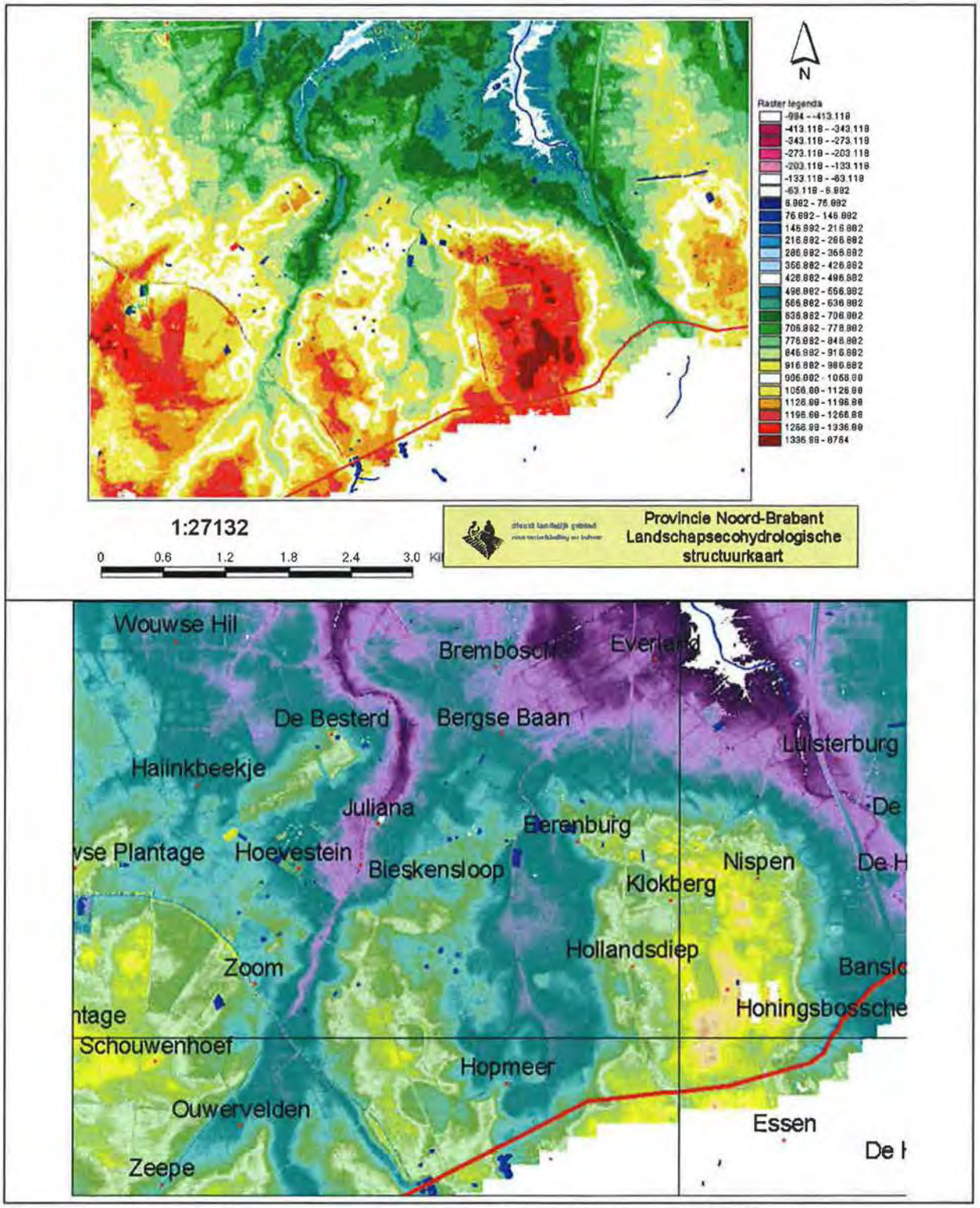
Figuur 51 Kwelkraters in de Kempen – Cartierheide. Verschillende kwelkraters liggen in een zich telkens verjongend stelsel achter elkaar. De rode lijnen in de tweede figuur aan de onderkant zijn bedoeld om de belangrijkste dekzandvormen te verduidelijken.



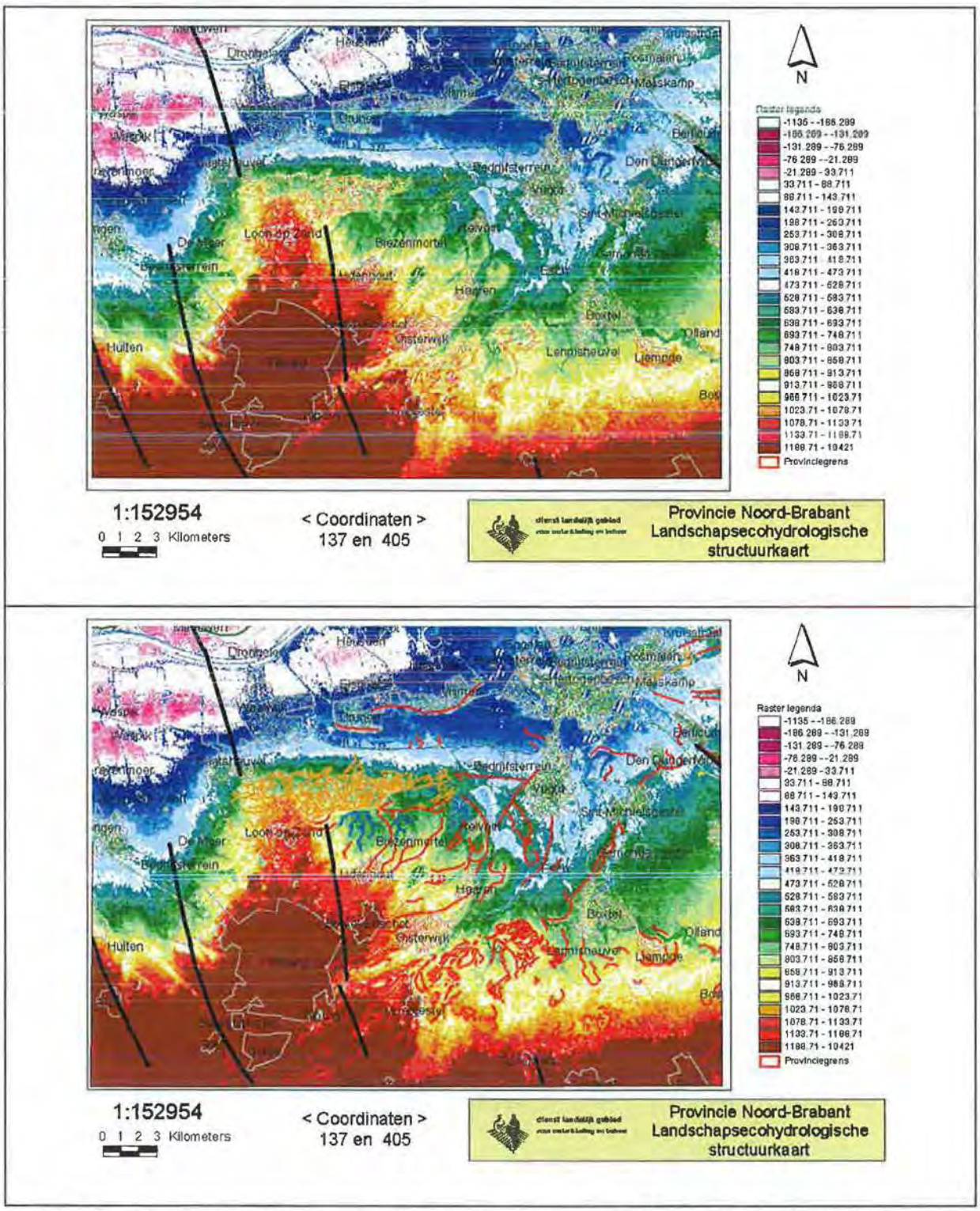
Figuur 52 Kwelkraters: grote kwelkrater bij Roosendaal – Zegge. Langs de buitenrand van deze kwelkrater heeft het systeem opnieuw kleine ronde kwelkraters gevormd.



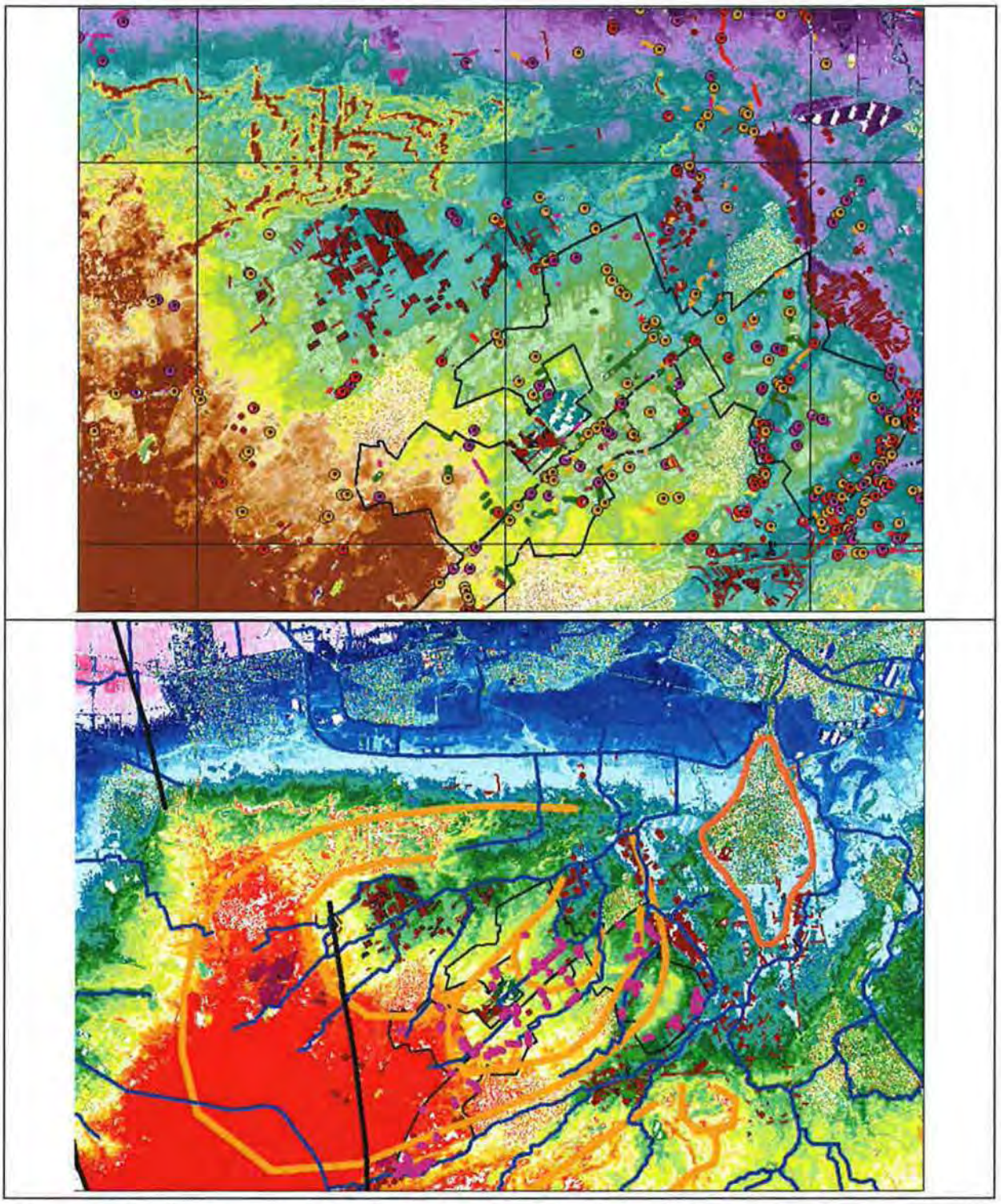
Figuur 53 Kwelkraters: Meerbodem en kwelkraterlandschap van de Brabantse Wal en Wouwse Plantage met daarin de kwelkrater van Noordeneind en fossiele stroomruggen.



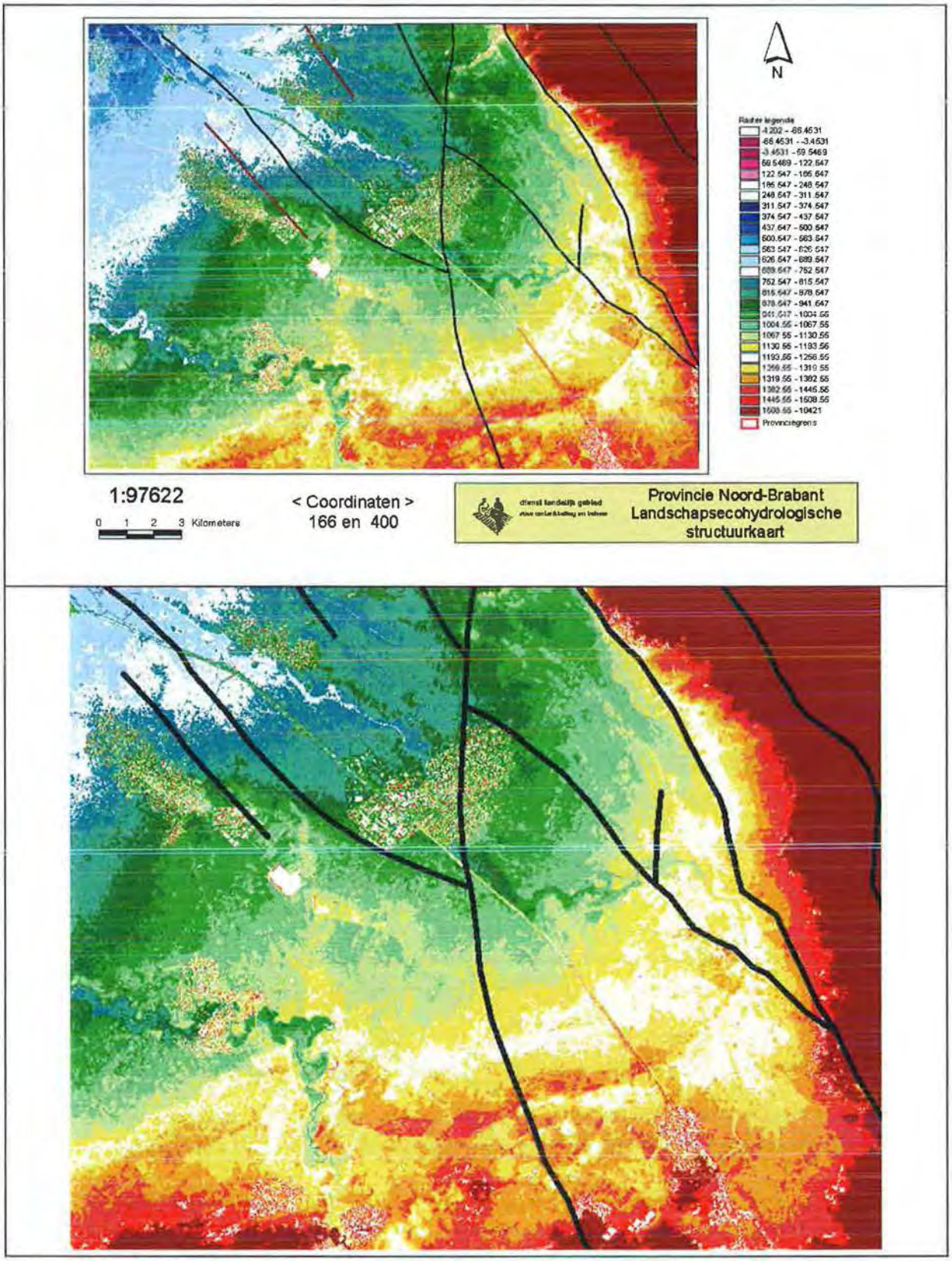
Figuur 54 Kwelkraters: De kwelkrater van Noordeneind, ten noordwesten van de Belgische plaats Essen.



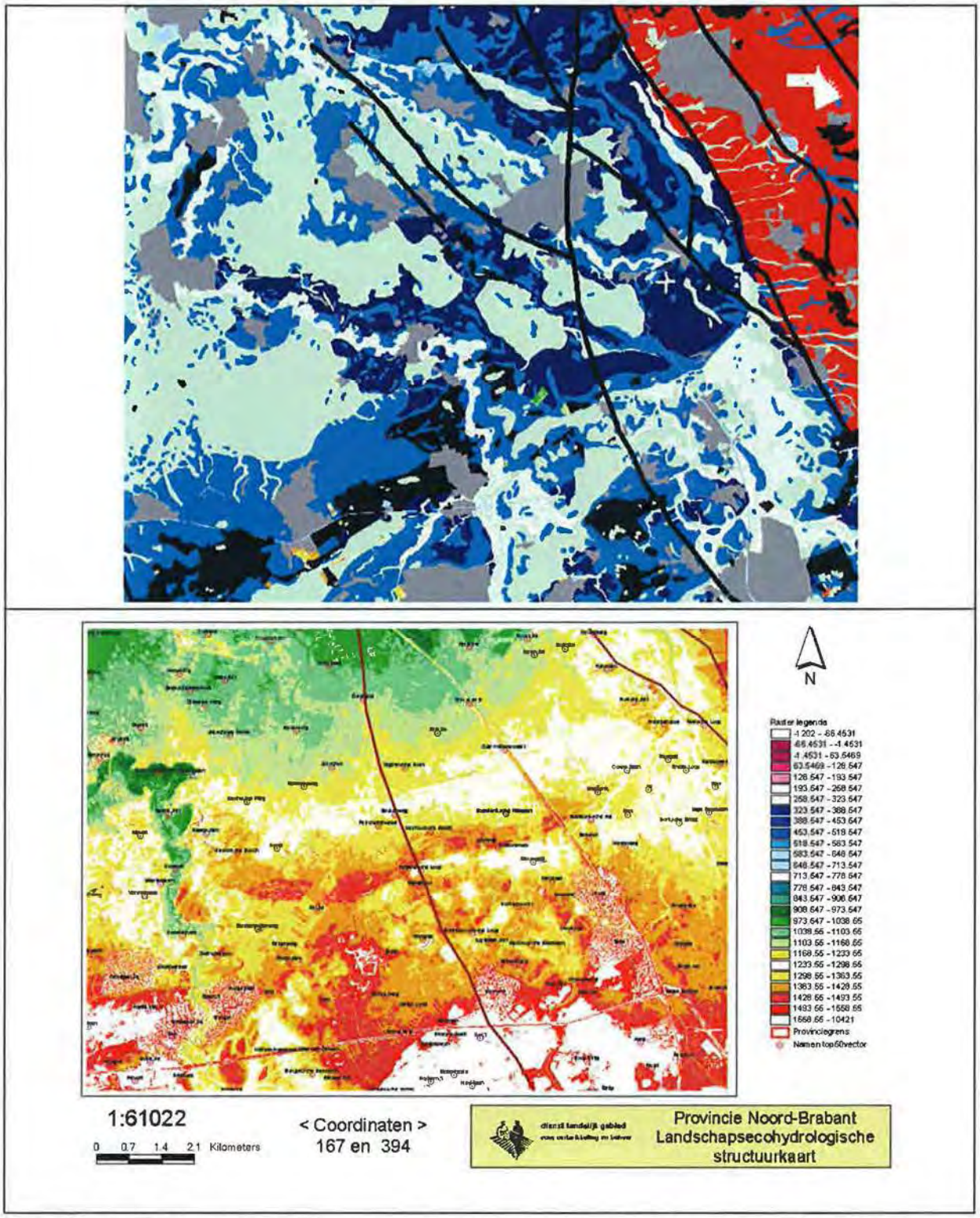
Figuur 55 Kwelkraters: het grote meervoudige kwelkratersysteem van de Leijen. Op de onderste figuur zijn de recente verstuivingen op de Loonse en Drunense Duinen in oranje aangegeven. De belangrijkste overige dekzandruggen zijn aangegeven met rode lijnen.



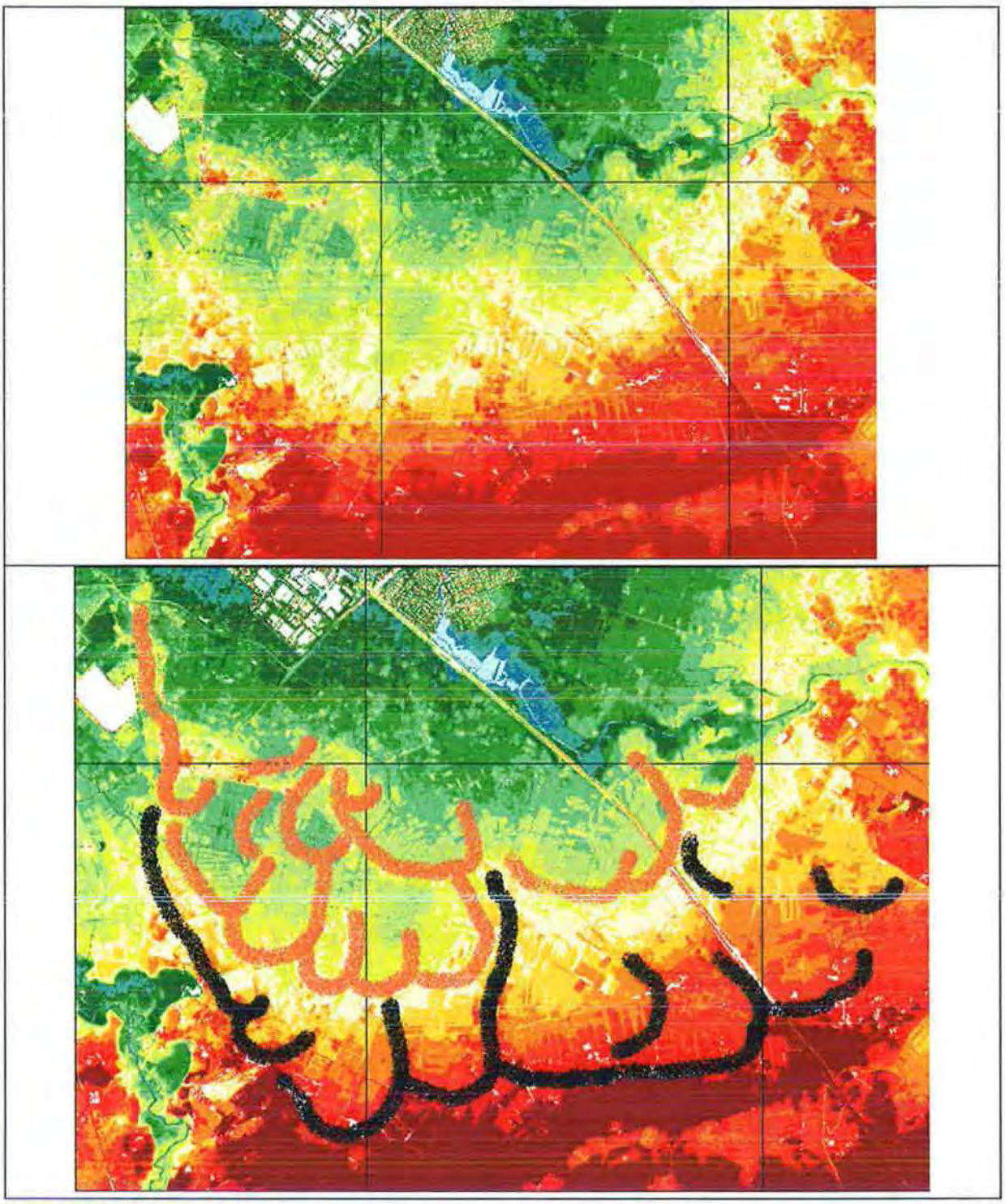
Figuur 56 Kwelkraters: voor de kwelkrater van De Leijen is op de bovenste aangegeven waar zich kwelindicatoren bevinden. De onderste figuur geeft ook de positie van kwelindicatoren aan, waaronder met name ook Riet (Phragmitis australis; de naam 'Riet' betekend ook –stromend water-). Eveneens zijn met oranje lijnen de grove omtrekken van de kwelsystemen aangeduid. In het geval van De Leijen bevinden zich dus meerdere kwelsystemen binnen een groter systeem.



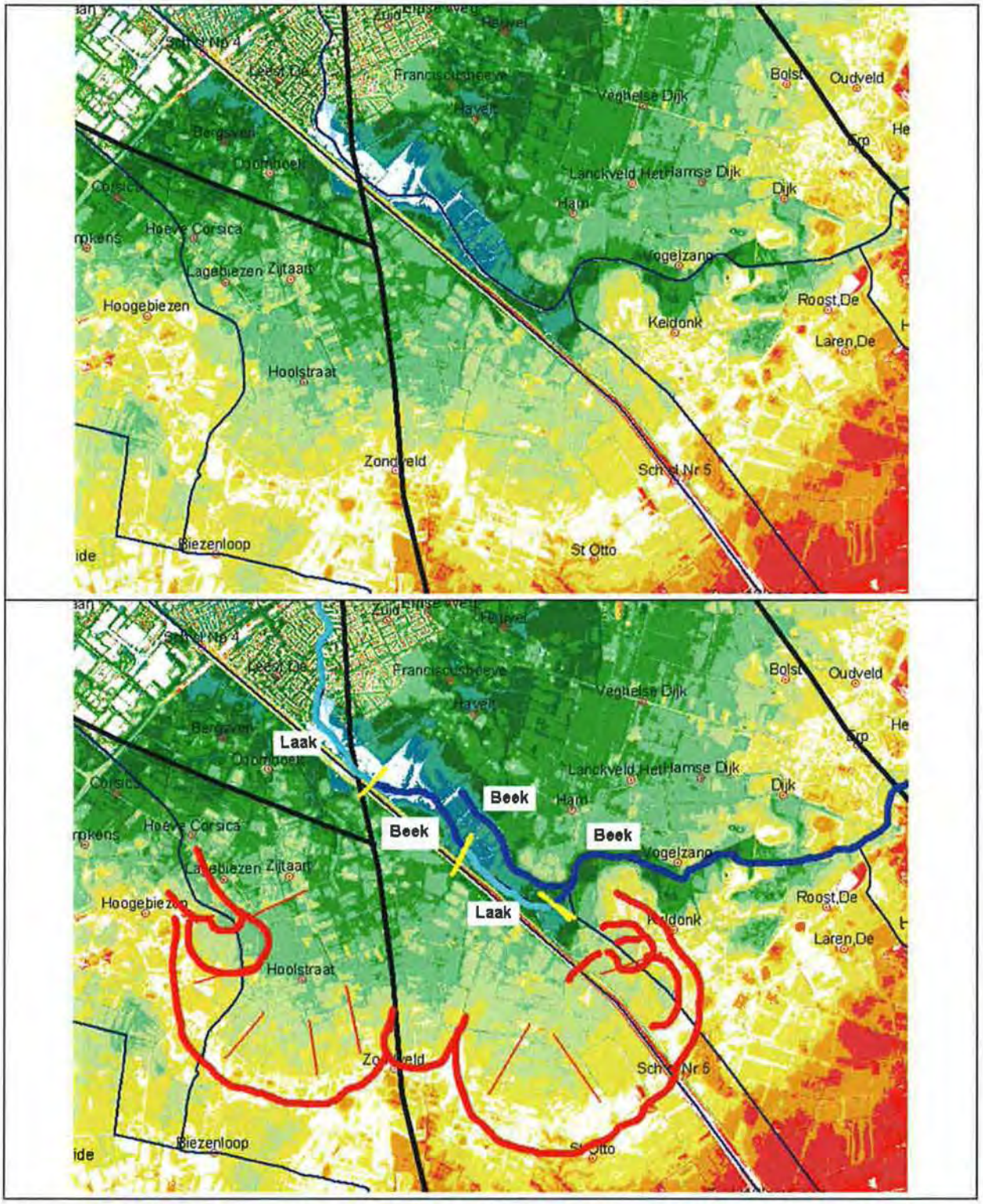
Figuur 57 Kwelkraters: het enorme kwelsysteem van Veghel. De zwarte lijnen zijn de breuksystemen.



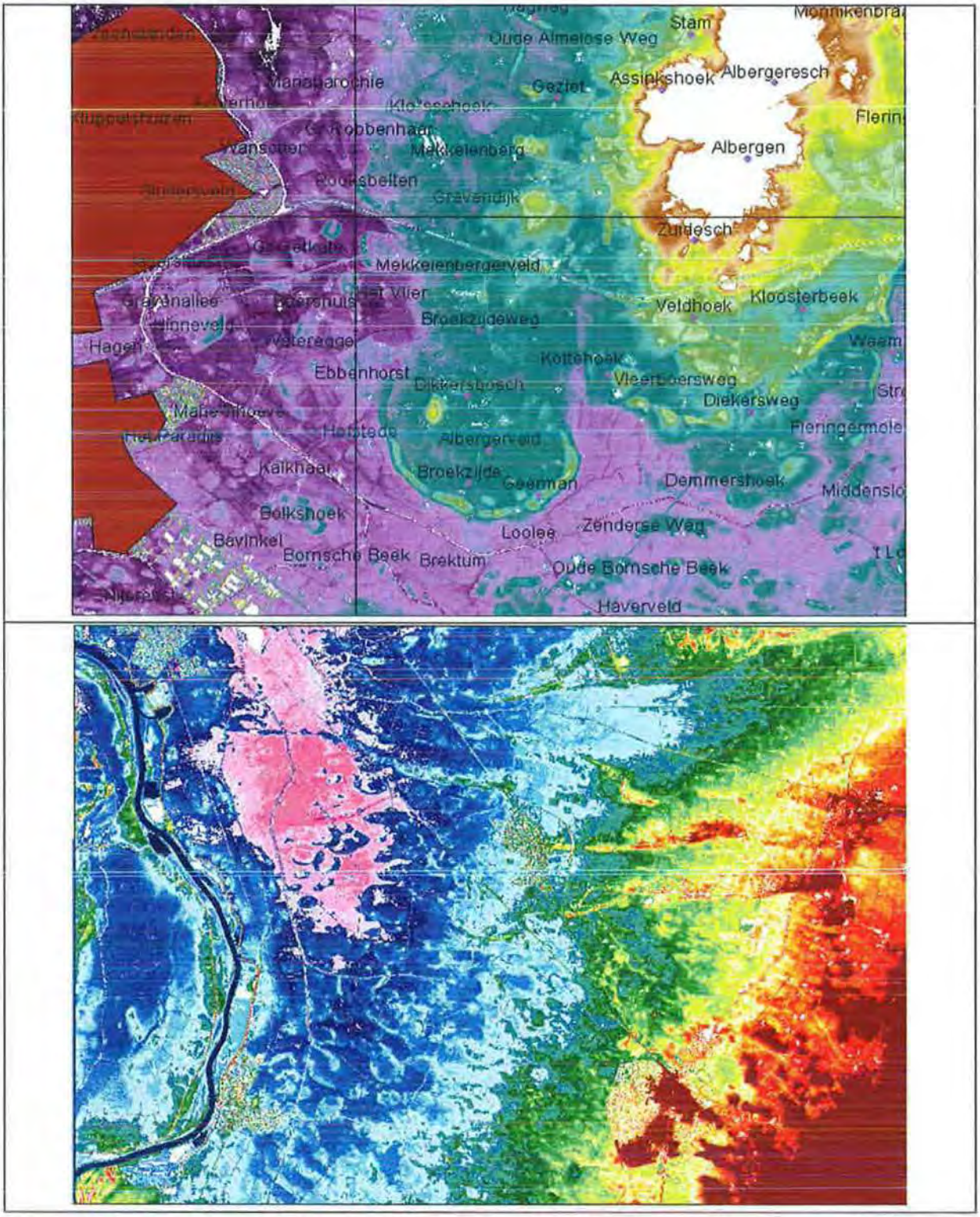
Figuur 58 Kwelkraters: de grote vorm van de kwelkrater, zoals die op de afbeeldingen van het AHN te zien zijn komen ook naar voren uit de geomorfologische kaart. Op de onderste afbeelding is goed te zien hoe de Dommel zich langs dit systeem wringt. Aan de zuidrand van de kwelkrater liggen tal van geïsoleerde depressies.



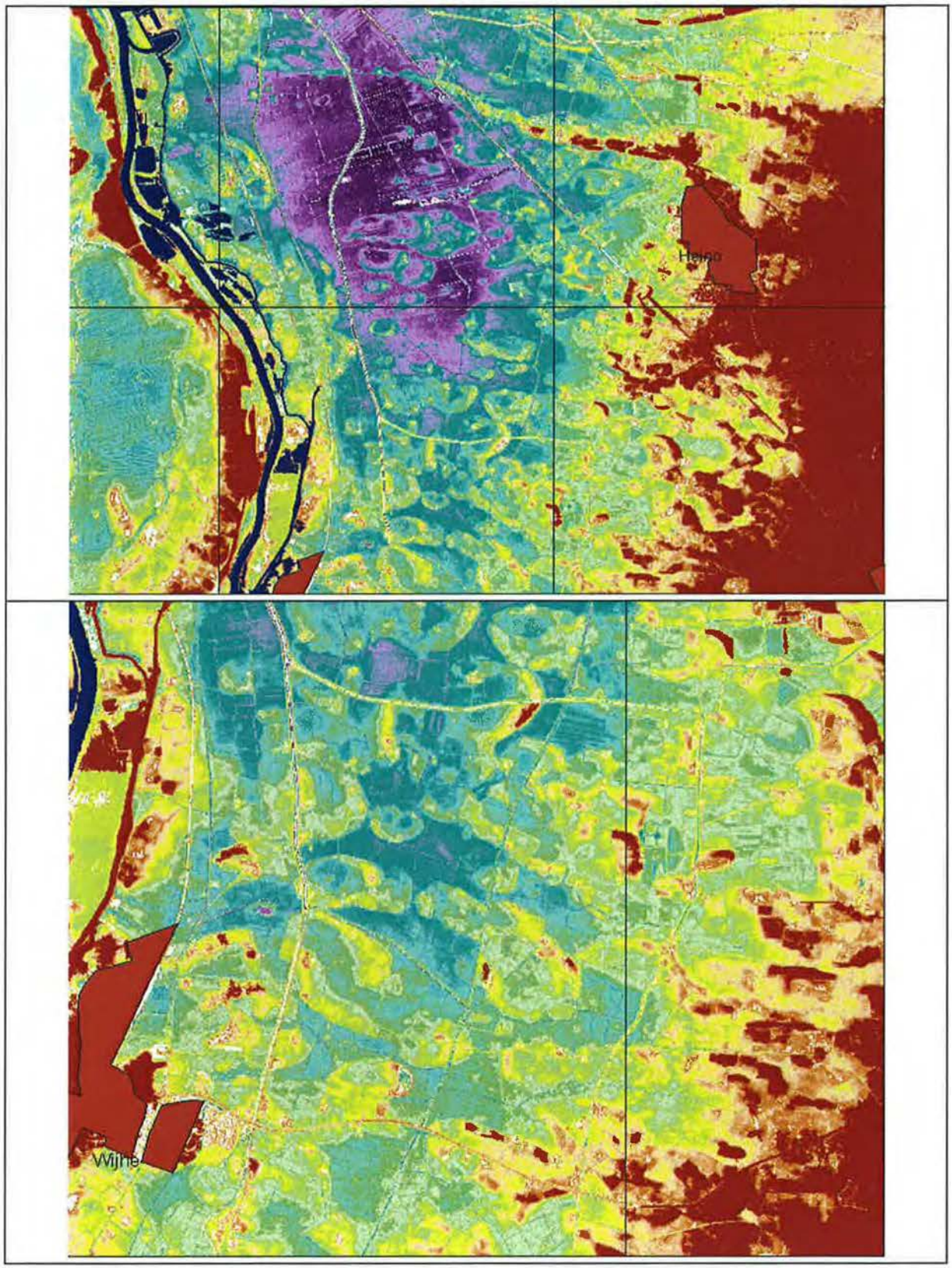
Figuur 59 Kwelkraters: De bovenste afbeelding laat echter zien dat het beeld veel complexer is dan op de geomorfologische kaart wordt verondersteld. Binnen de grote structuur van de kwelkrater liggen opeenvolgende reeksen kleinere kwelkraters, waarbij de jongste de vorige steeds opnieuw afsnijdt. Zo ontstaan complexe patronen van ruggen en depressies daartussen. Op de onderste figuur is een mogelijke interpretatie afgebeeld van het complexe stelsel van ruggen.



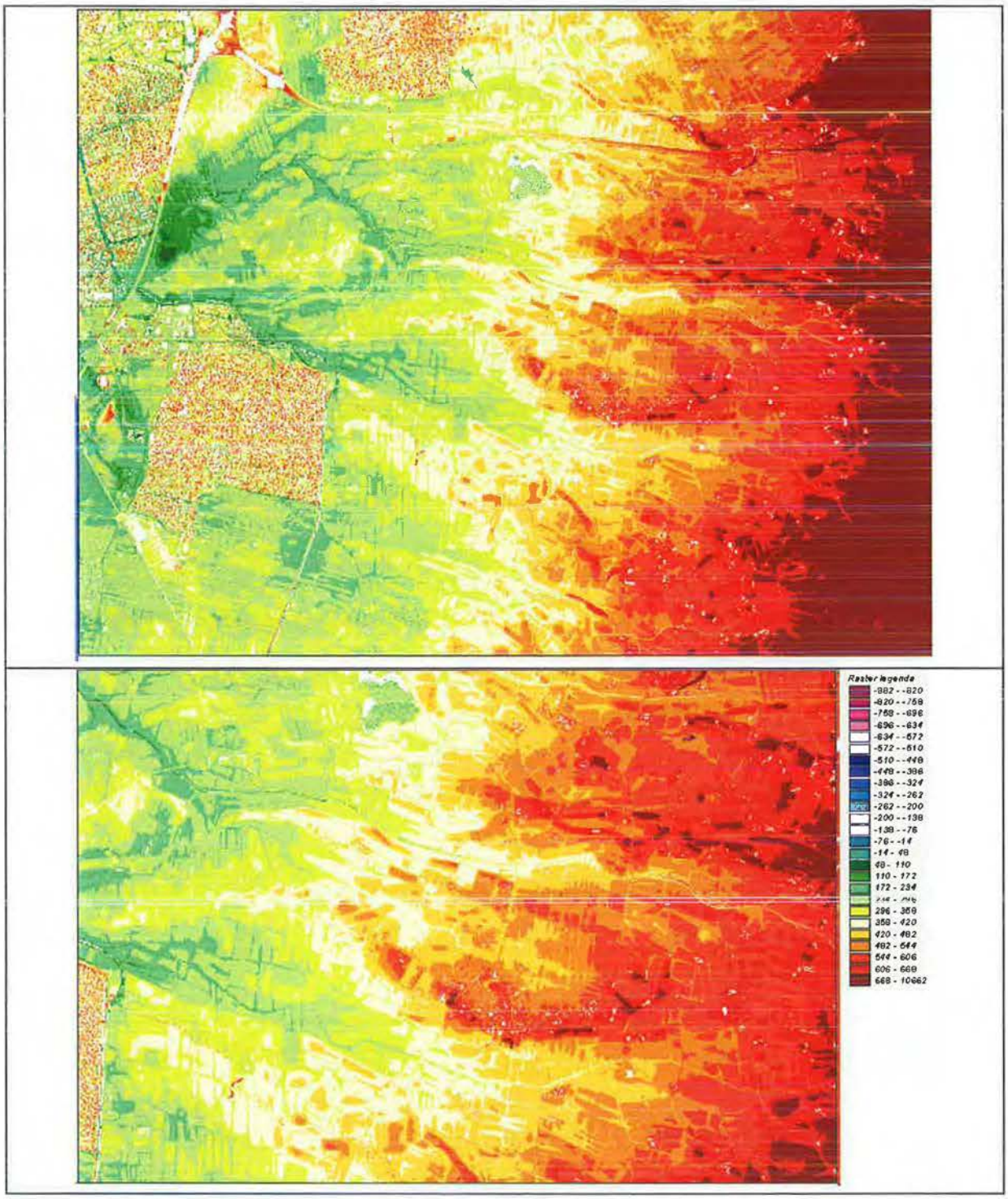
Figuur 60 Kwelkraters: binnen de grote kwelkrater zijn kleine systemen lokaal benut voor het aftappen van relatief warm, kalkrijk water. Daarbij werden beken ('bek' = knabbelen) van de ene dekzandkop naar de andere geleid. Het verkregen water werd gebuikt voor bevloeiingen en in een laak opgevangen en afgevoerd. Laken en beken zijn functies van waterlopen en kunnen in elkaar overgaan.



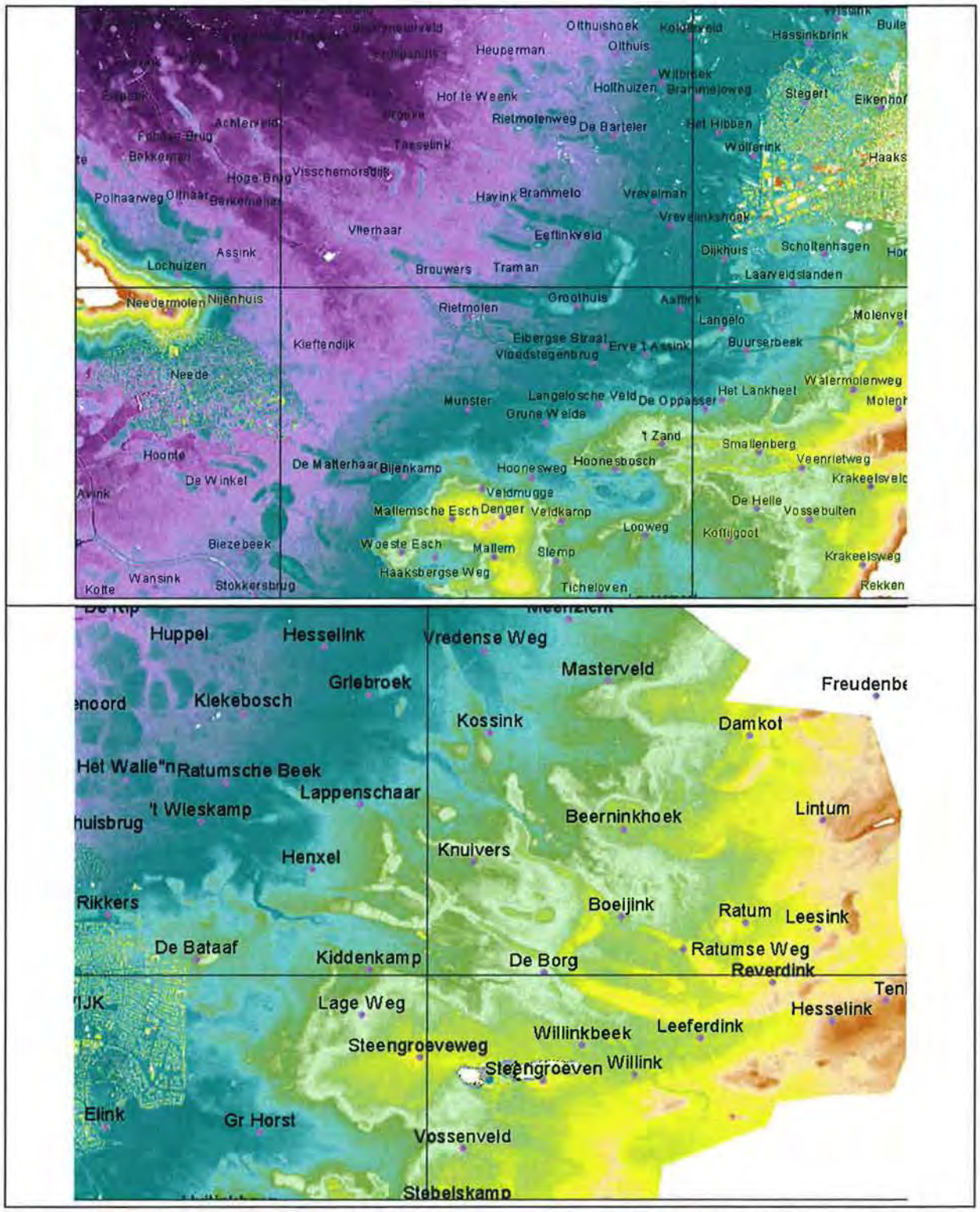
Figuur 61 Kwelkraters: voorbeelden van kwelkraters buiten Brabant. De bovenste figuur toont een kwelkrater in het Albergerveld bij Albergen in de Provincie Overijssel. De onderste afbeelding is een overzicht van het gebied rond Heino in de Provincie Overijssel, waar Von Freytag Drabbe al in het begin van de jaren 1950 grote ronde structuren op luchtfoto's ontdekte.



Figuur 62 Kwelkraters: details van de kwelkraters bij Heino in de Provincie Overijssel.



Figuur 63 Kwelkraters op de flank van de Veluwe in de Provincie Gelderland tussen Barneveld en Amersfoort.



Figuur 64 Kwelkraters en meanderende dekzandruggen bij het Lankheet (boven) en bij Ratum (onder) in de Provincie Gelderland.

6.5 Geïsoleerde kwelkoppen

Zoals hierboven beschreven worden zeer actieve kwelsystemen hoog opgestoven: hoe actiever - hoe hoger de uiteindelijke rug. Op grote schaal vinden we dergelijke kwelkoppen zoals bij Liempde, Vught en Den Dungen in Oost Brabant en de Welberg in West Brabant. Echter ook op kleine schaal zijn er kwelkoppen, vooral binnen de beekdalen spelen deze elementen een grote rol. Hieronder zijn voorbeelden opgenomen van kwelkoppen uit de beekdalen van De Dommel en van De Mark.

VORM:

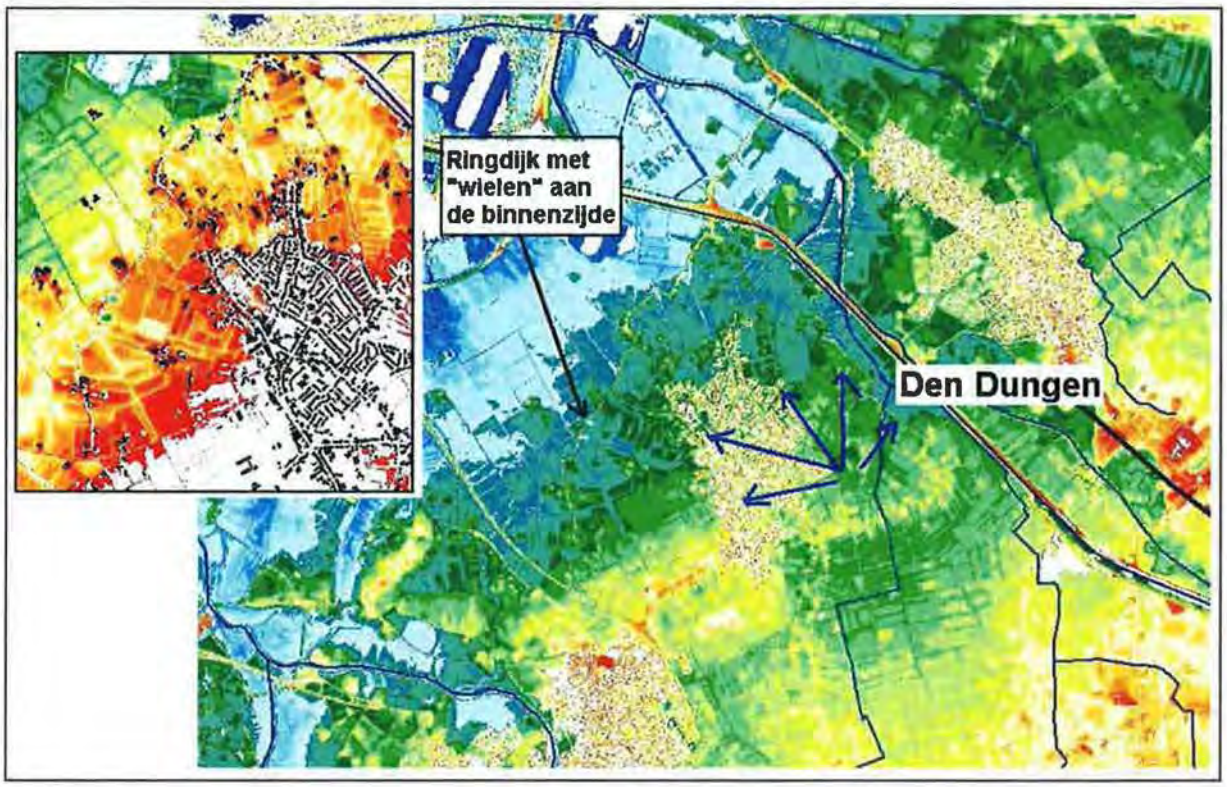
Gewoonlijk rond of eirond, soms niervormig, zoals bij Liempde, en dan op een paraboolduin lijkend. De opening wijst echter in de richting van de grondwaterstroming. In die zin is er verwantschap met een kwelkrater.

GENESE:

Gewoonlijk door opstuiving van een grotere of kleinere bron; langs de Mark echter komen op rivierduinen lijkende zandkoppen voor, die vermoedelijk erosieresten zijn van een ouder, door verstuiving verdwenen, landschap. De resistentie tegen verstuiving wordt vermoedelijk bepaald door kwel. Wellicht dat ook de Welberg - een wel zeer passende naam! - een voorbeeld is van zo'n oudere structuur.

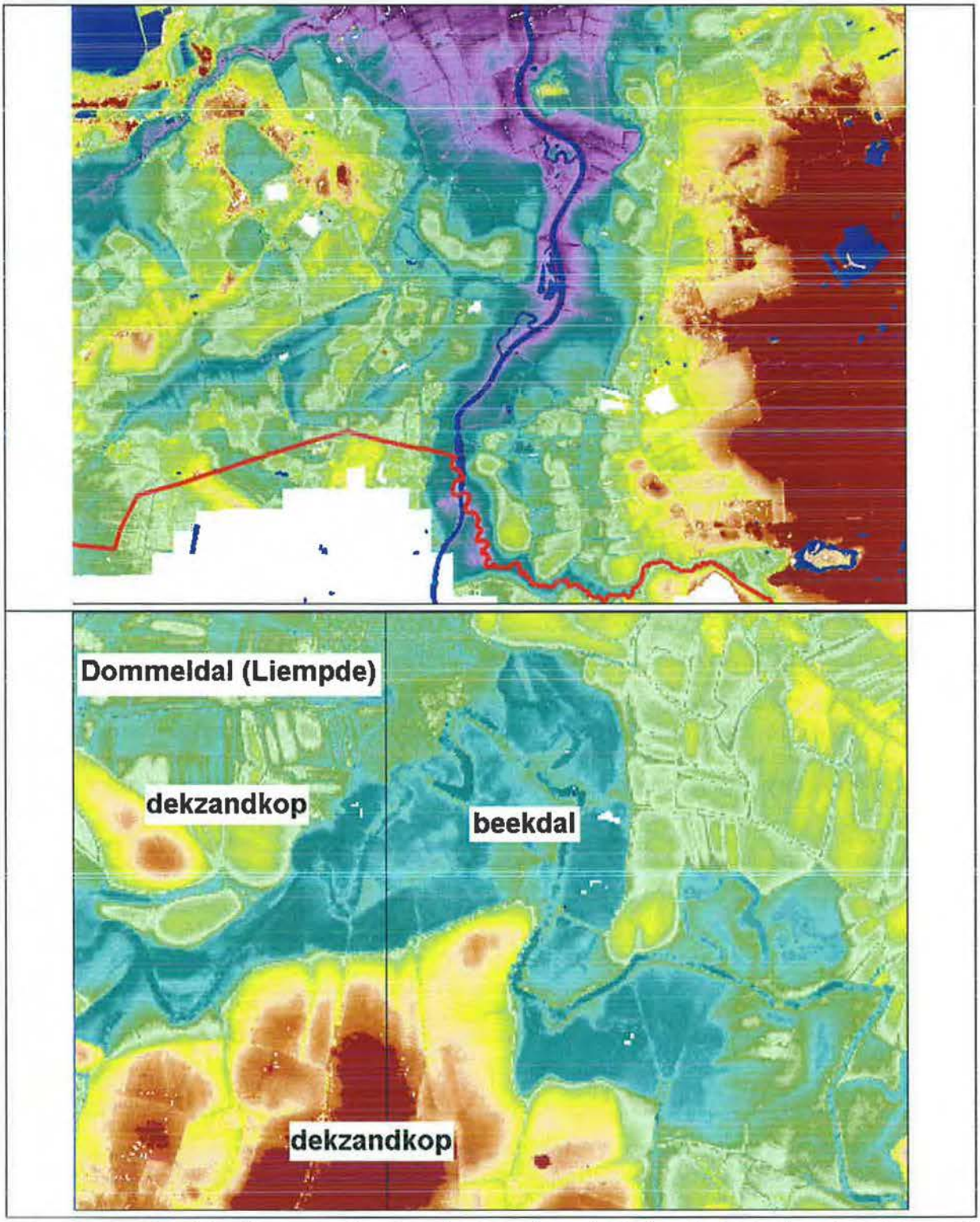
FUNCTIONEREN:

Bij jonge vormen is binnen de structuren selectie naar korrelgrootte te verwachten volgens dezelfde wetmatigheden als hiervoor voor meanderende stelsels beschreven is: relatief grof materiaal in het hart en in de richting van de uitstroomopening, fijner naar de rugzijde en de flanken. Bij de oudere, zoals die langs de Mark, is vermoedelijk ook sprake van selectie, maar de opbouw zal vooral bepaald zijn door processen in een verder verleden. Niet ondenkbaar is dus, dat zeer grof materiaal in de ondergrond aanwezig is, daterend uit een periode dat ze deel uitmaakten van grotere, in Zuid-België, beginnende, stelsels. Langs de randen is kwel te verwachten, met het grootste aandeel aan der stroomafwaartse zijde van de structuren.

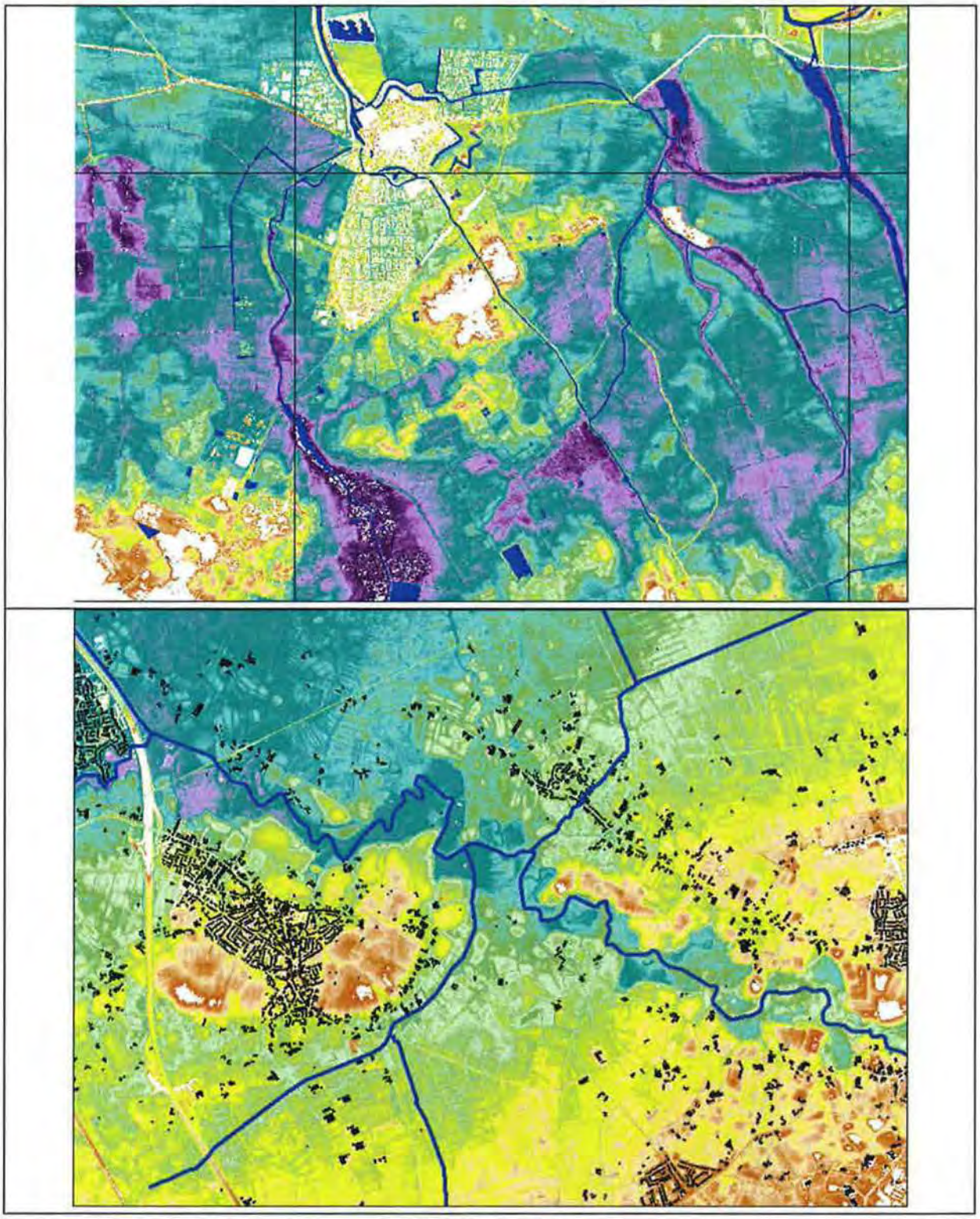


Figuur 65 Den Dungen op de hoogtekaart.

Deze kwelkoppen zijn altijd opgezocht vanuit militair strategische overwegingen ('warm' kwelwater voor in de slotgracht zodat deze niet snel bevroor) en vanuit landbouwkundige overwegingen ('warm' kalkrijk kwelwater voor bevloeiingen). In de beekdalen zien we daarom de waterloop van kwelkop naar kwelkop springen, de hoge flanken van het dal volgend, en onderweg gebruik makend van elke kleine mogelijkheid om kwelwater af te tappen.



Figuur 66 Geïsoleerde kwelkoppen van beperkte afmetingen langs de Mark, onder Breda (boven) en de Dommel bij Liempde (onder).



Figuur 67 Geïsoleerde kwelkoppen van grote afmeting: de Welberg onder Steenbergen (bovenste afbeelding) en de kop van Liempde (onderste afbeelding).

6.6 Deltavormen

Op verschillende plaatsen vinden we in Brabant voorbeelden van deltasystemen, met name op die plaatsen waar ooit grote hoeveelheden water van hogere ruggen zoals de Peelhorst stroomde. Voorbeelden ervan zijn vooral te vinden bij Slabroek ten noorden van Uden en bij de Stippelberg.

VORM:

Er is sprake van waaiers van dekzandruggen en -kopjes. Vergelijkbare systemen zijn eerder beschreven voor de Achterhoek[99]. De delen op zich kunnen verschillende vormen hebben

GENESE:

Komt vaak voor op plaatsen waar met betrekkelijk grote kracht water uit een smalle opening stroomde. Door verstopping van de hoofdgeul werden telkens nieuwe geulen gevormd, die op hun beurt ook weer verstopten. De schaal van de vormingen kan, net als bij kwelkraters het geval is, variëren van enkele cm's tot vele kilometers. Het omvangrijkste stelsel dat tot dusverre is gevonden is de zuidrand van de Achterhoek, de driehoek tussen Aalten-Dinxperlo-Doetinchem.

FUNCTIONEREN:

Rond alle delen valt kwel te verwachten, gewoonlijk het meest in het oude centrum en minder naar de buitenranden. Voor de zuidelijke Achterhoek is dat oude centrum gelegen bij IJzerlo, een naam die op basenrijke (ijzer) kwel(lo = een door een groot vochtaanbod open plek in een bos) wijst. Natuurtechnisch bezien zijn dergelijke brede waaiers buitengewoon interessant, omdat ze een heel scala aan milieuomstandigheden te bieden hebben. Onder die omstandigheden zijn zeldzame soorten te verwachten en de Zuidelijke Achterhoek stelt in dat opzicht niet teleur, met soorten als Wildemanskruid en Knolspirea.

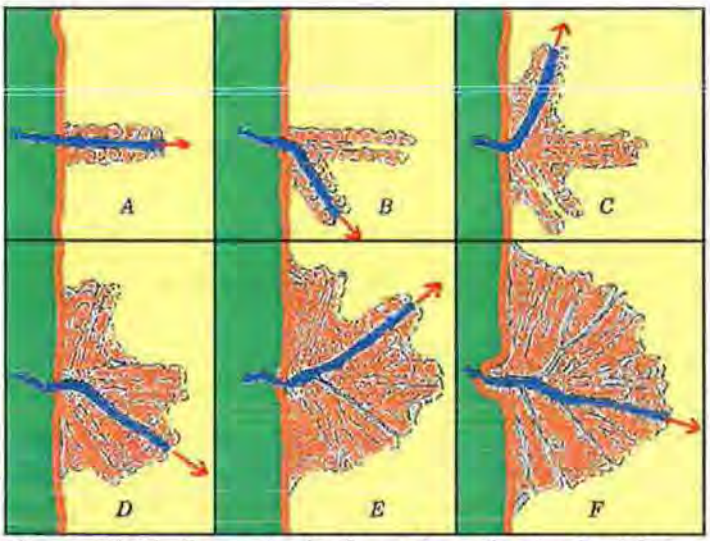
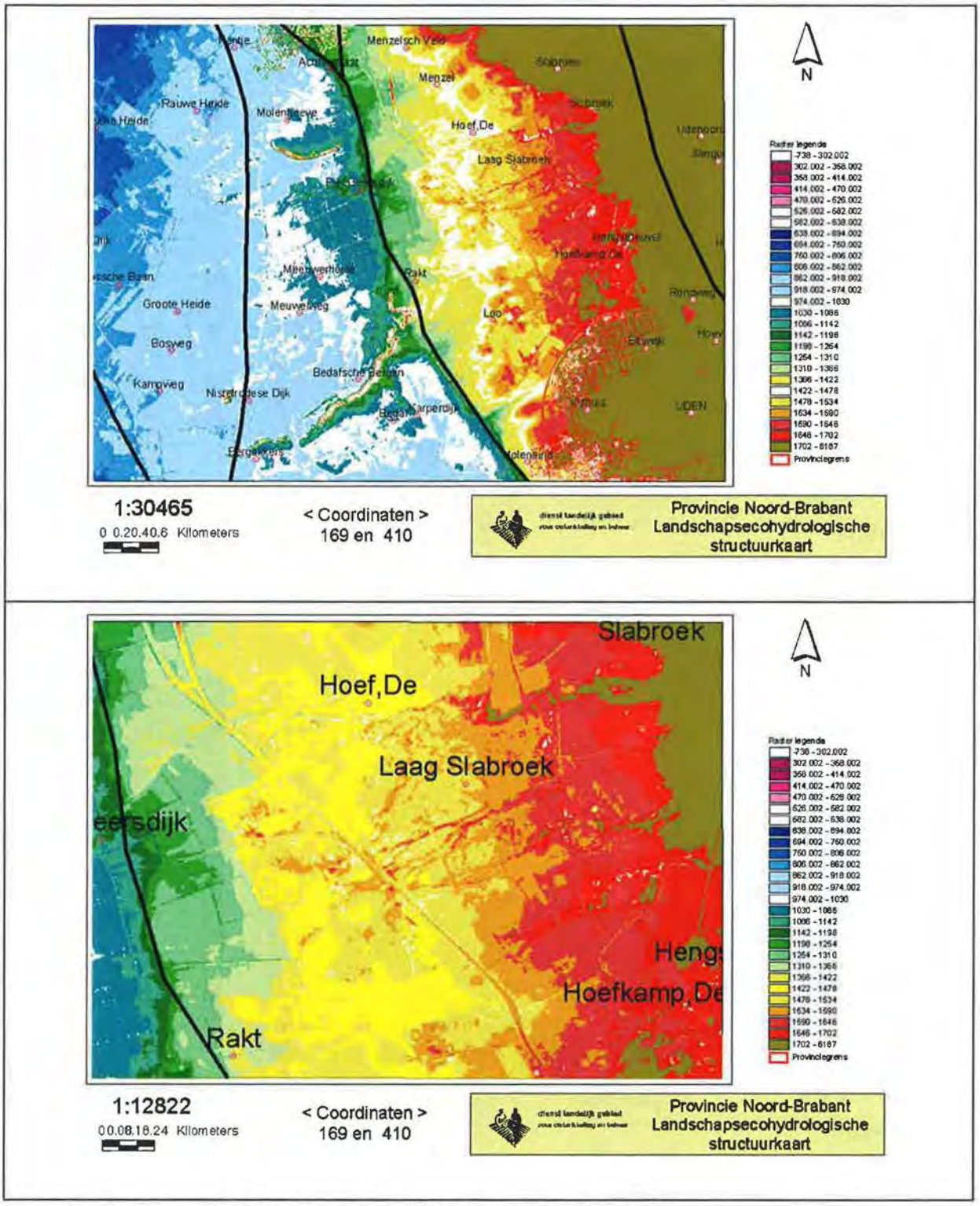


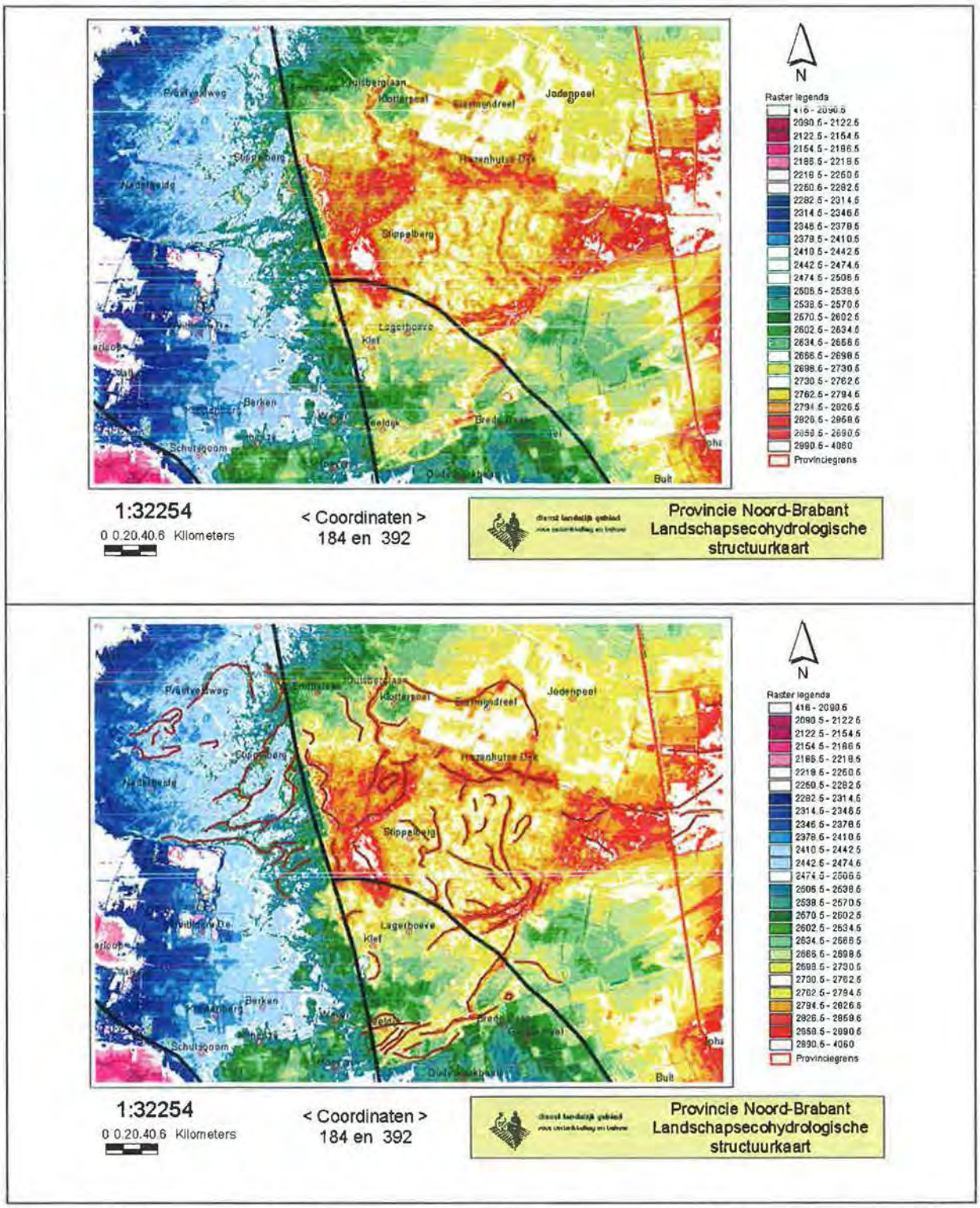
Figure 25.25 Stages in the formation of a simple delta. (After G. K. Gilbert.)

Figuur 68 Vorming van een delta (naar Strahler).

[99] G.J.Baaijens (2002): Korte schets van de ecohydrologische positie van Achterhoek en Liemers in verband met het bepalen van het duurzaam raamwerk. Bijlage 5 in C-mer(2002): Advies voor richtlijnen voor het milieueffectrapport reconstructie Achterhoek en Liemers. Utrecht.



Figuur 69 Deltavormen bij Slabroek, op de Peelhorst ten noordwesten van Uden.



Figuur 70 Deltavormen rond de Stippelberg. De zuidelijke grote meanderende dekzandrug is gaan lekken, waardoor zich een nieuw stelsel heeft gevormd met een delta aan het einde.

6.7 Meerbodems

VORM

In West-Brabant komt op het zand een groot aantal praktisch volmaakt ronde depressies voor, die min of meer in snoeren liggen. Ze vormden belangrijk onderdeel van de studie van Van Dorsser[100], die de depressies ten oosten van Bergen op Zoom, in navolging van Haans[101], als meerbodems beschreef. Gaand van west naar oost worden ze minder in getal.

Gewoonlijk zijn het min of meer slingerende hoogten, naast een restlaagte, die als een afgestorven stromingsstelsel moet worden beschouwd. Die afgestorven stelsels kunnen zeer omvangrijk zijn en zeer breed. Voorbeelden daarvan vindt men in Oost-Groningen (het "oerdal" van de Westerwoldse Aa), in Z.W.-Drenthe (het "oerdal) van de Wold Aa en de Koekanger Aa; op kleinere schaal in Brabant ten zuiden van de Loonse en Drunense Duinen. Incidenteel komt men dekzandruggen tegen, die op de top een meanderend stelsel laten zien, met alle vormen die daar bij horen, inclusief crevasse-afzettingen. Een mooi voorbeeld daarvan ligt westelijk van Eibergen. De middenloop van de Dommel, rond Sint Oedenrode, lijkt eveneens een mooi voorbeeld.

Figuur 71 Oost-Groningen (het "oerdal" van de Westerwoldse Aa), in Z.W.-Drenthe (het "oerdal) van de Wold Aa en de Koekanger Aa

[100] H.J. van Dorsser (1956): Het landschap van westelijk Noordbrabant. Diss. RU Utrecht. Middelharnis.

[101] Geciteerd door Van Dorsser.

GENESE

Edelman suggereerde Van Dorsser, dat de depressies in een vroegere fluviatiele geul zouden kunnen liggen, die door dekzand was afgesnoerd en verbrokkeld. Van Dorssers' onderzoek leverde daarvoor een bevestiging op. De ontstaansgeschiedenis lijkt overigens redelijk gecompliceerd: hoewel van beken nauwelijks meer sprake is, stroomde hier ooit een vanuit Zuid-België komend stelsel van aanzienlijke omvang. Dat is, door terugschrijdende erosie van met de Schelde samenhangende wateren, onthoofd, waardoor verdroging plaats vond. In dit lokale stelseltje kon vervolgens gemakkelijk verstuiving plaats vinden en men zou kunnen veronderstellen, dat een laatste restant van de stroomgeul opstoof, terwijl aan weerszijden overlooplaagten -gevoed door kwelwater dat uit de dekzandrug weglekt uit de voormalige buitenbochten- mede door vorstwerking tot ronde vormen werden gekneed.

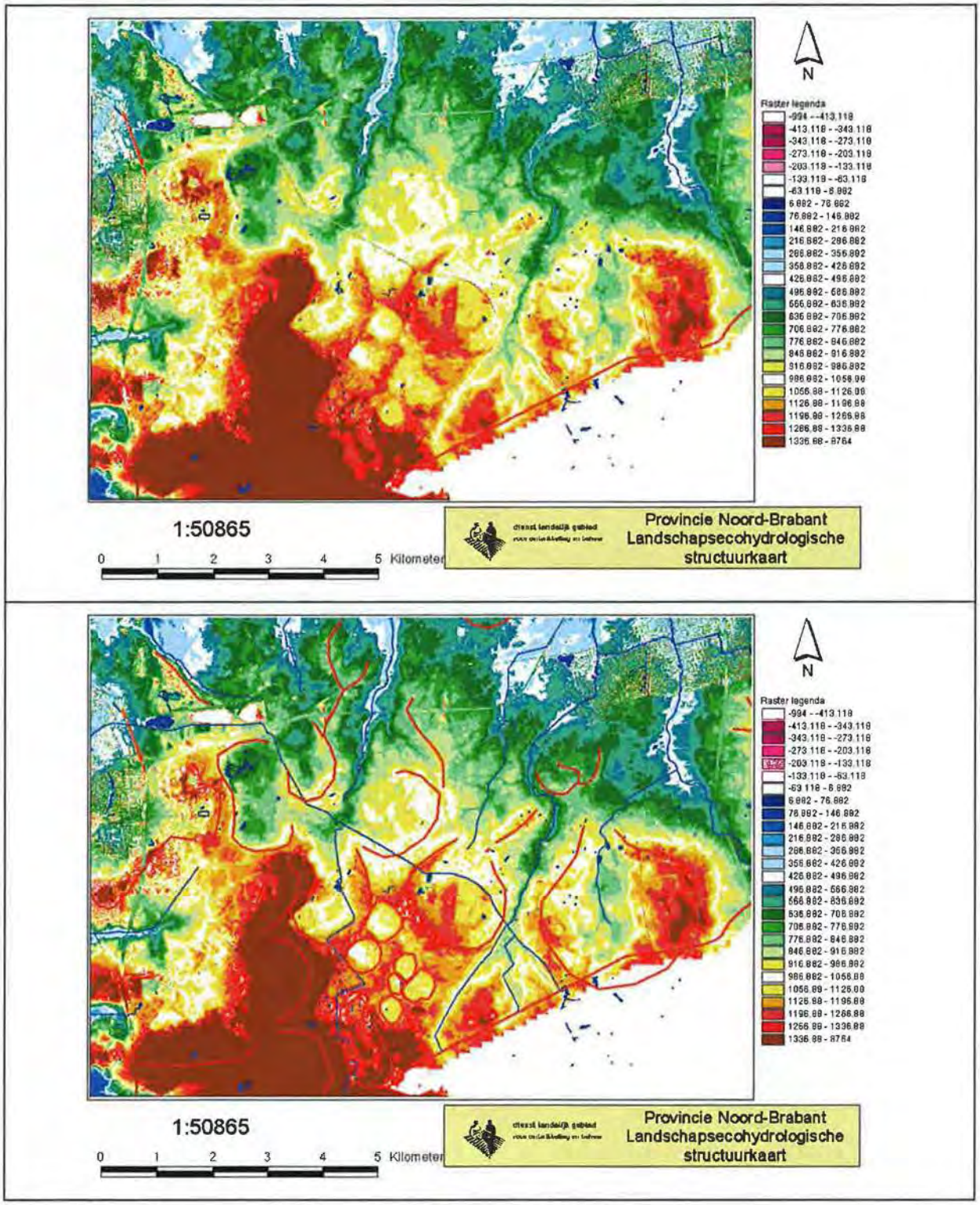
Af en toe (of wellicht beter: hier en daar) kenden grote fluvioglaciale stelsels een tamelijk abrupt einde. Wat dat bepaalde is niet altijd eenvoudig vast te stellen. Voor Westerwolde denkt Delvigne aan een verlegging van de hoofdstroom van de Ems in oostelijke richting[102]. Gewoonlijk is dan de oude bedding met fijn materiaal afgedekt. Na het stijgen van de grondwaterspiegels kon vernatting optreden in de vroegere oeverwallen, die vervolgens als accumulatiekernen voor dekzand konden gaan fungeren. Bij zeer abrupte veranderingen, bijv. vorming van een oxbow-lake, treedt kennelijk niet altijd afdichting van de oude, afgesnoerde loop met leem op. Zo'n situatie deed zich kennelijk voor bij De Wijk; daar is de vroegere oeverwal nu het laagste punt (zie Figuur 26).

FUNCTIONEREN

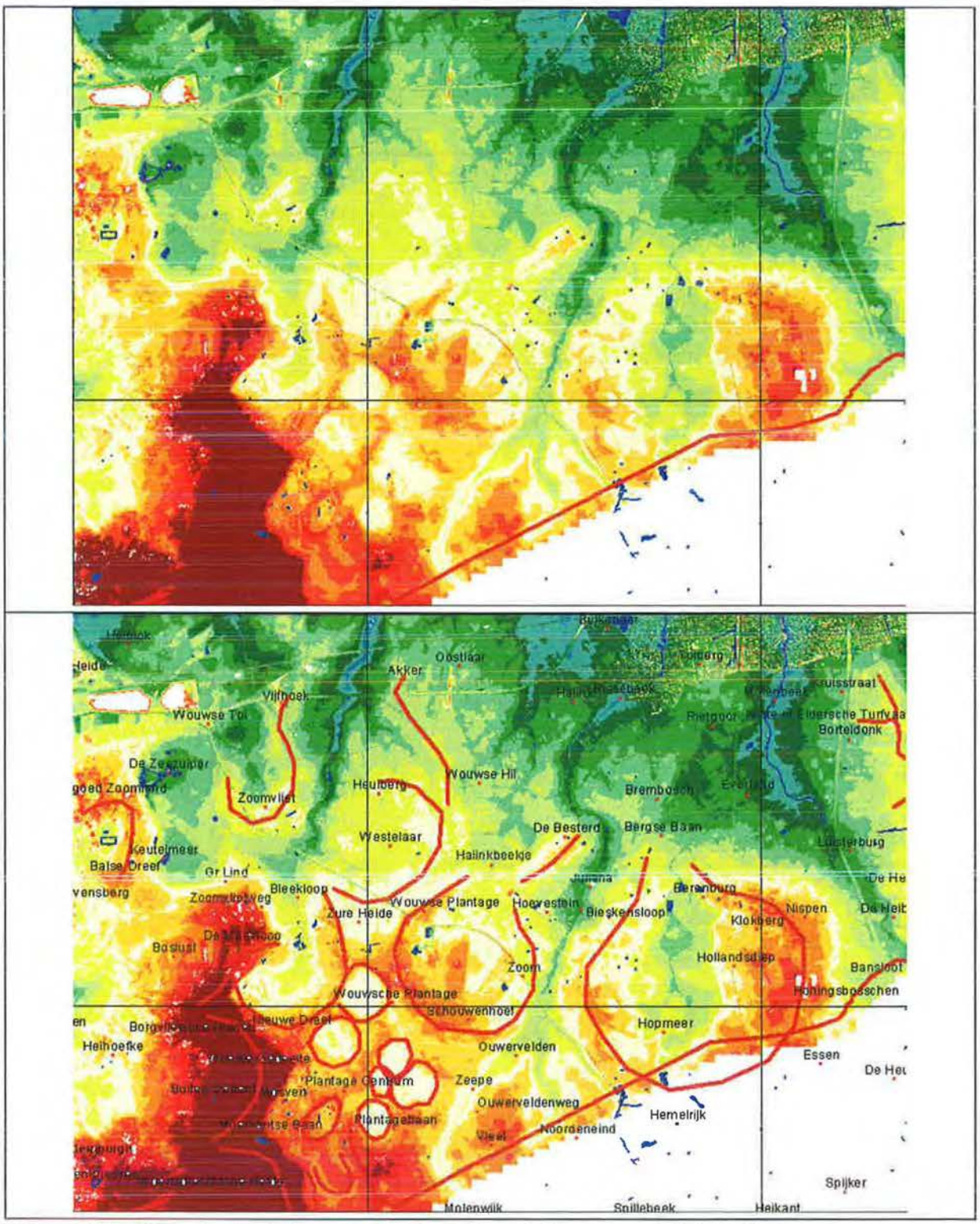
De centrale rug oostelijk van Bergen op Zoom fungeert nog steeds als preferente plek voor grondwaterstroming en voert water af naar het noorden. Vermoed kan worden, dat de zijdelingse voeding van de depressies ter weerskanten, ook nog functioneert - voorzover althans geen inpoldering plaats heeft gevonden. Een aantal laagten heeft fossiele moeraskalk; in dit verband is het niet onaardig, dat enkele daarvan als blek of blik werden aangeduid.

Waar de oude stromingsstelsels gewoonlijk met een slecht doorlatende kleilaagje zijn afgedicht, vindt kwel plaats vanuit de vroegere oeverwallen. De beken liggen dan gewoonlijk ofwel met pijnlijke nauwkeurigheid tegen de hoge flank van de laagten aan (zoals bij de Westerwoldse Aa, die overigens een aantal wijde meanders in het oerdal meed en een bovenloop had, die zelfs ver buiten dat dal lag - alleen begrijpelijk in een context waarin hoge gronden op kwel wijzen en lagere met veen gevuld zijn of waren)of slingeren daar wijd omheen (zoals de Wold Aa).

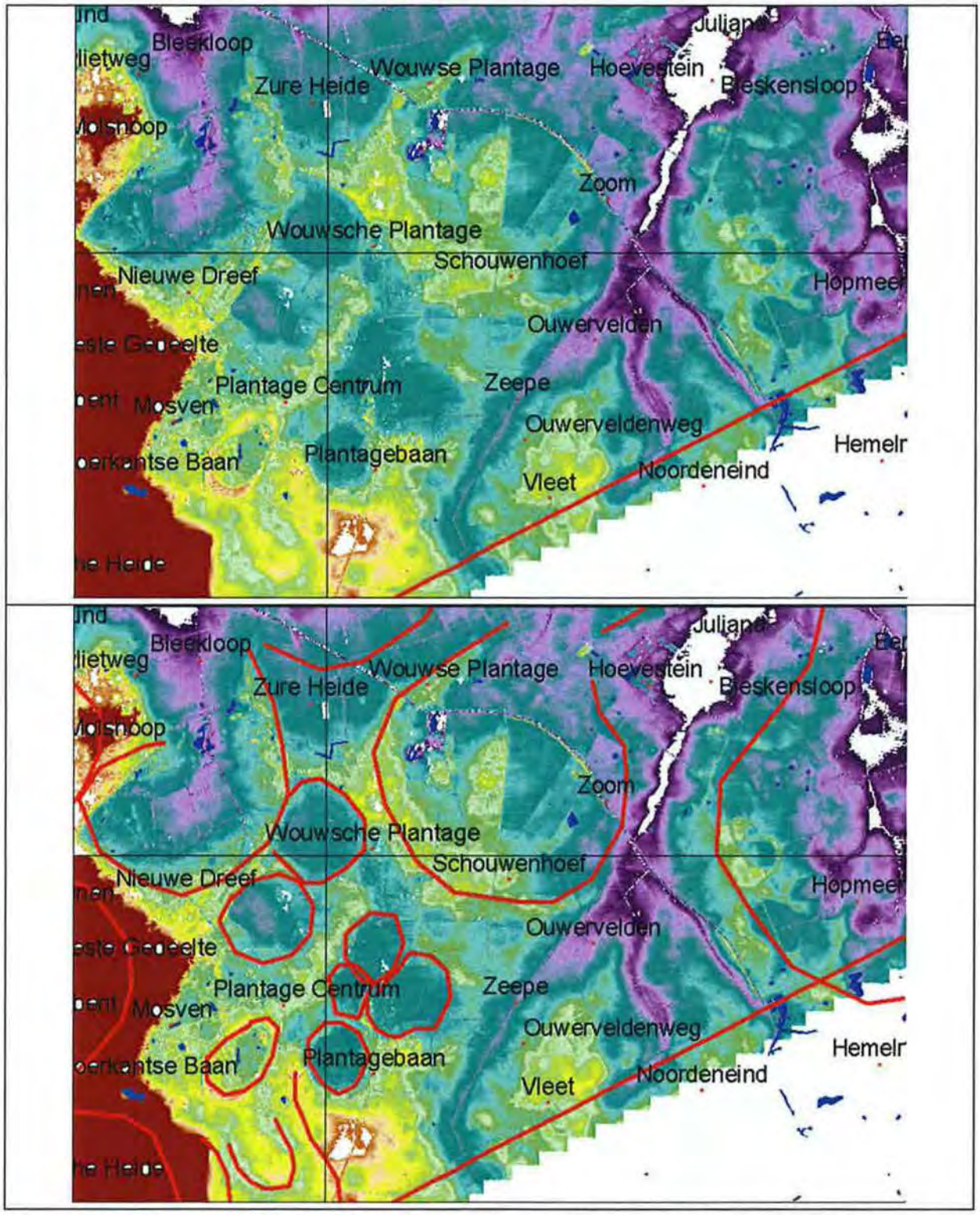
[102] J.J.Delvigne & G.J.Koopman(1991): Het landschap. De geschiedenis van Westerwolde I. Groningen.



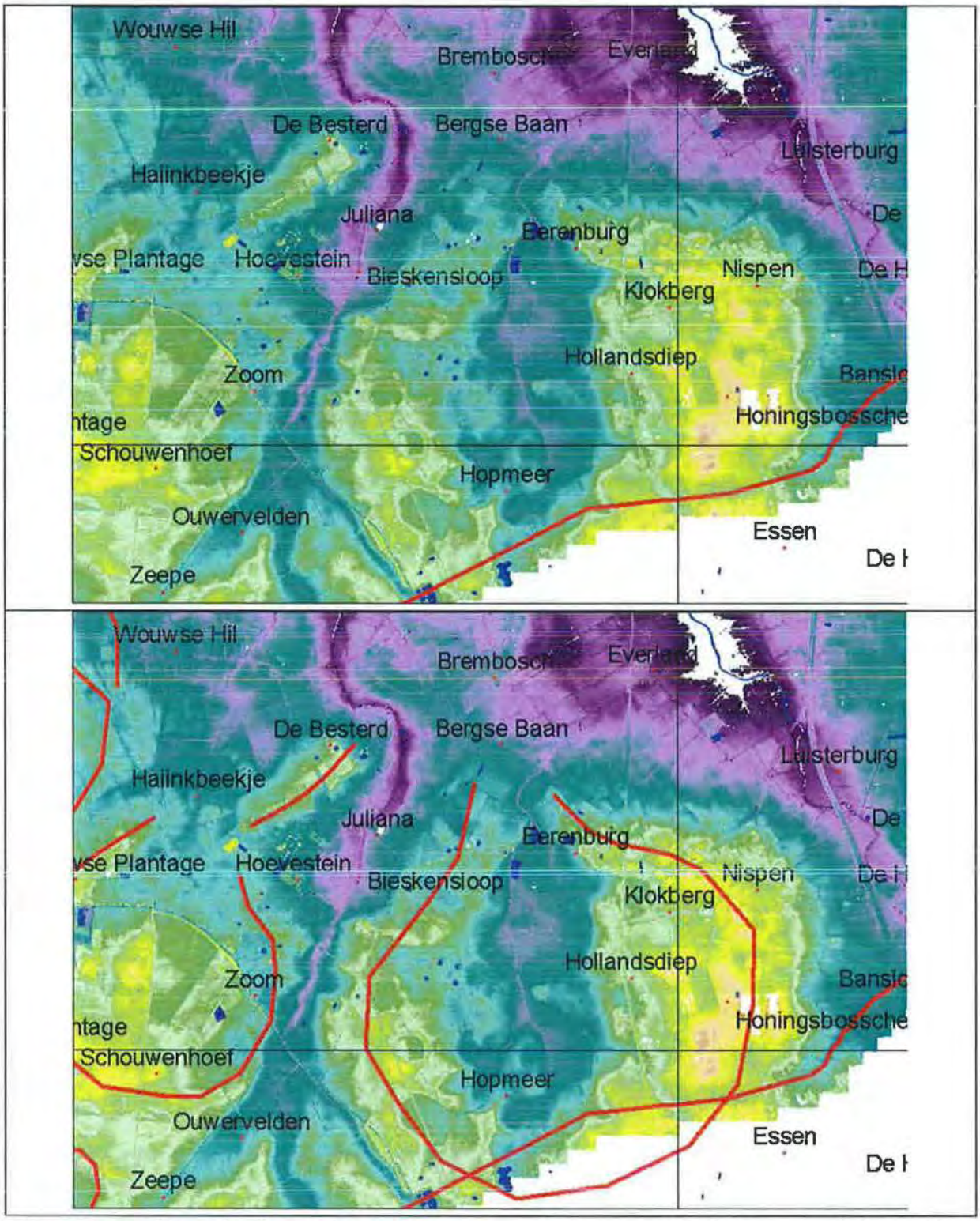
Figuur 72 Complexen van meerbodems en kwelkraters rond de Wouwse Plantage.



Figuur 73 Detail van het landschap met meerbodems. De rode lijnen geven de belangrijkste structuren weer.



Figuur 74 Detail van het landschap bij de Wouwse Plantage zelf, met meerbodems. De rode lijnen geven de belangrijkste structuren weer.



Figuur 75 Detail van kwelkraters het landschap met meerbodems. De rode lijnen geven de belangrijkste structuren weer.

6.8 Terugschrijdende erosie

De hoefijzervormige vormen ten noorden, westen en zuiden van Mill. Deze verschillen van echte kwelkraters door het ontbreken van een verhoogde ronde achterrand.

VORM:

Herinnerend aan paraboolduinen en kwelkraters, maar de structuren bij Mill hebben de opening naar de verkeerde kant. Ook de radiale structuur, die gewoonlijk kwelkraters van deze omvang kenmerkt, ontbreekt. Merkwaardig is overigens wel, dat in het centrum bij 2 van de 3 structuren van een lichte verhoging sprake is. Dat zou kunnen pleiten voor een bron in et centrum

GENESE:

De ondergrond bestaat hier uit goed doorlatend materiaal en het hoogteverschil met de lagere oostelijker Maasterrassen leidde kennelijk tot uitbundige erosie. Daarbij mag men verwachten, dat het grofste materiaal op de hogere randen achterbleef en dat dat dus leidt tot goed doorlatende buitenranden. In die zin uiten die zich als plaatsen voor preferente grondwaterstroming kennelijk ook nog op het einde van de laatste IJstijd: de randen zijn licht verhoogd; het centrum in 2 van de 3 gevallen ook, zij het lager dan de buitenrand. Interessant zijn de nevenstructuren aan de buitenzijde van het hoefijzer van Mill: bevriezend uitgetreden water lijkt hier tot ronde structuren te hebben geleid.

FUNCTIONEREN:

De buitenranden lijken preferente plekken voor grondwaterstroming; een kleine kwelkern wordt in twee van de 3 structuren aangetroffen. In België kent men dergelijke structuren als 'bronnenamfitheaters' en een voorbeeld is gegeven in Figuur 76.

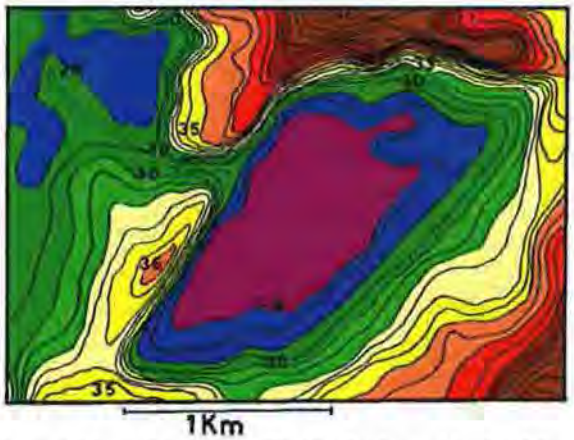


FIG. 3. Relief map of the depression "Het Vinne" at Leau and location of the main borings.

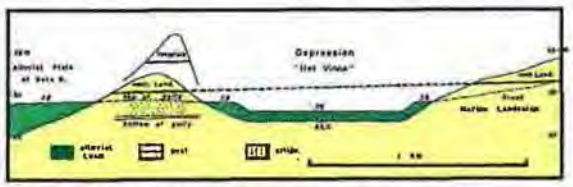
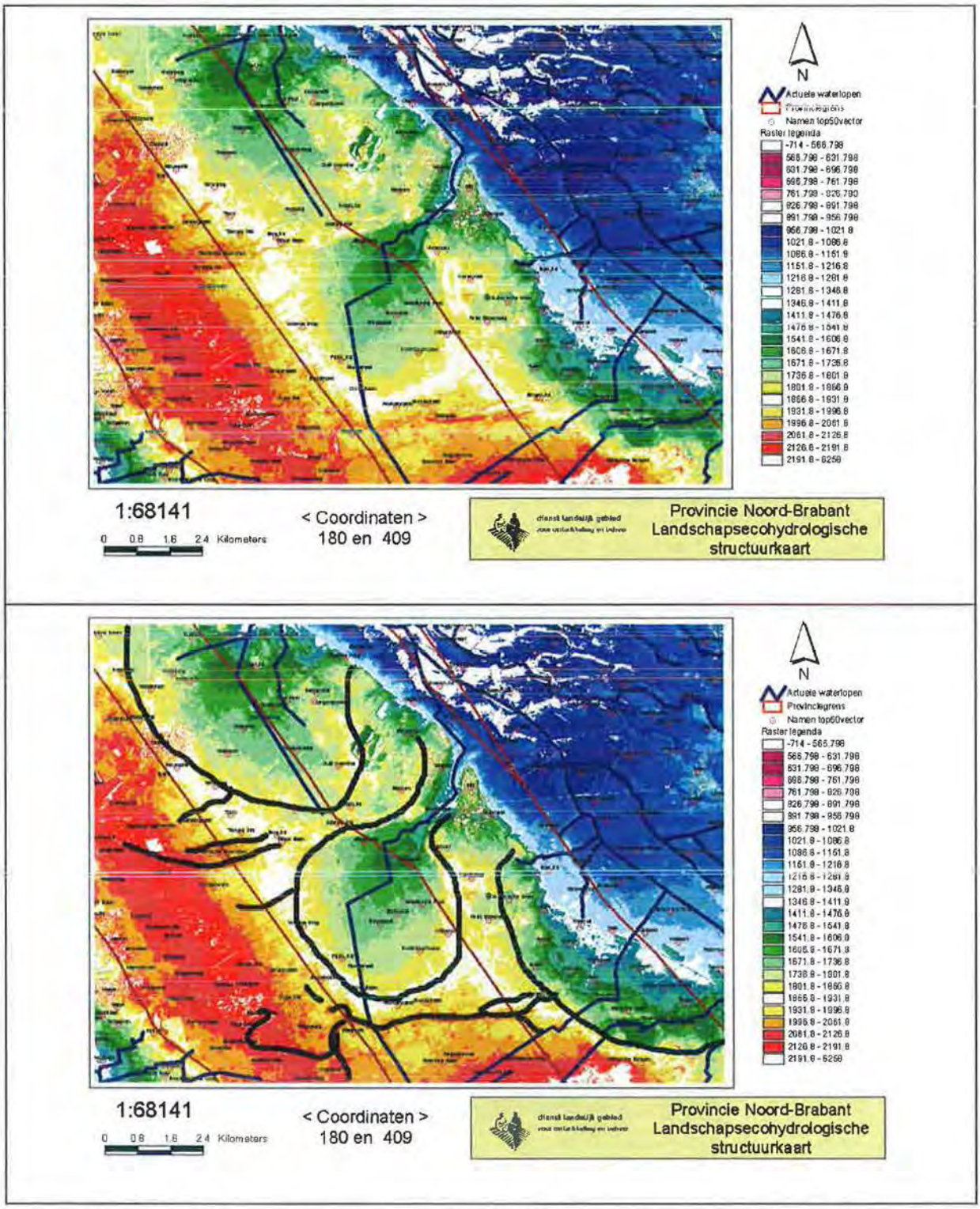
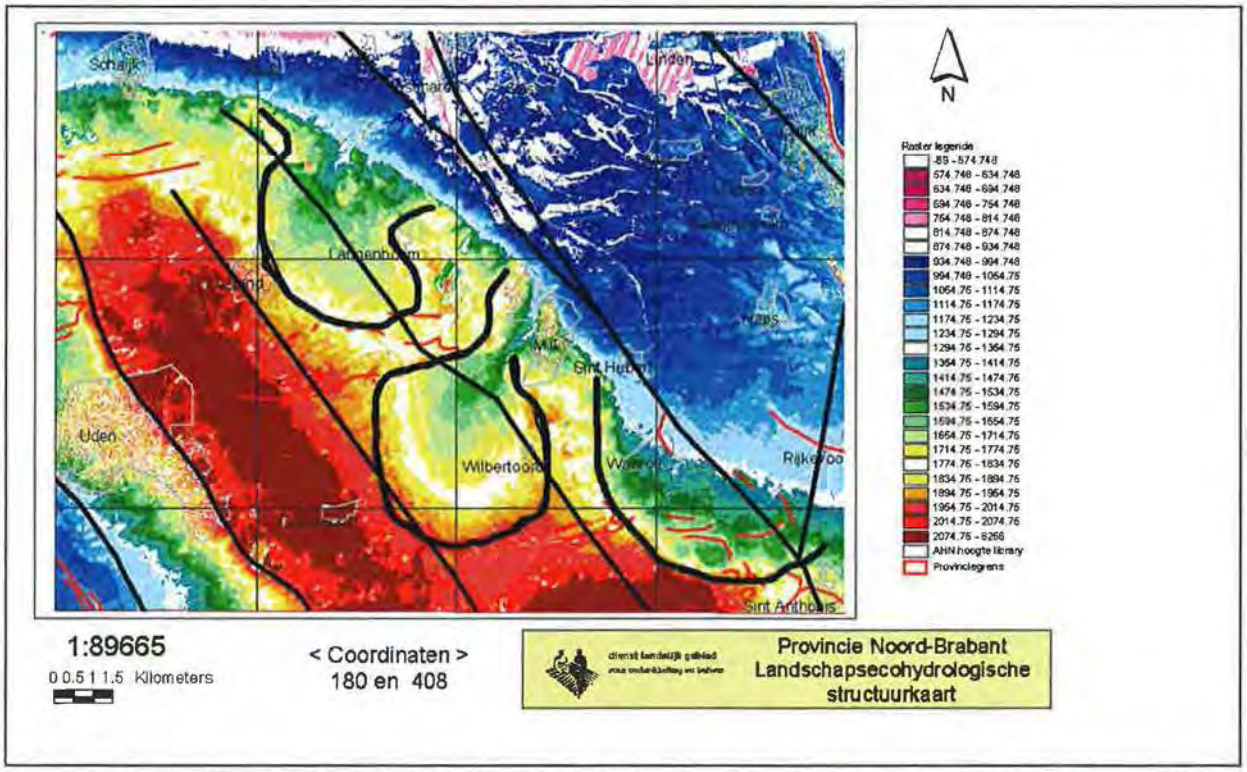


FIG. 4. Geological stratification of the depression "Het Vinne" at Leau.

Figuur 76 Bronnenamfitheater het Vinne bij Leau in België.



Figuur 77 Grote hoefijzervormige structuren aan de noordoost zijde van de Peelhorst als gevolg van terugschrijdende erosie.



Figuur 78 Overzicht van de noordoost zijde van de Peelhorst met terugschrijdende erosie. In het Maasdal zijn Weichselien stroomruggen te zien.

6.9 Beekdalen en bevloeiingsstelsels

Uit het in hoofdstuk 6.2 en fig. 26 geschetste beeld vloeit voort, dat wat we nu beekdalen noemen in het algemeen restlaagten naast dichtgestoven fluvioglaciale stromingsstelsels zijn. Uitzonderingen op die regel zijn fossiele fluvioglaciale stromingsstelsels, zoals die in 6.10 beschreven zullen worden. Door selectie door stromend water is sprake van gradiënten in korrelgrootte van hoog naar laag – in de laagten zal daardoor in het algemeen de fijnste fractie belanden.

Na het milder worden van het klimaat en, in het voetspoor daarvan, het stijgen van de grondwaterspiegels in het Holoceen raakte het oppervlak begroeid, waardoor de verdamping toenam, maar ook een tekort aan sediment ontstond: er kon weinig meer verstuiven. In dat tekort aan sediment werd voorzien door veenvorming. Dat veen werd in het algemeen gevormd onder een zekere isolatie van het onderliggende grondwater: de lemige afzettingen aan de basis van het veen belemmerden opwaarts transport van grondwater. De voeding vond dus vooral plaats vanuit de flanken van de naastliggende dekzandruggen, onder bijmenging van de lokale neerslag.

Dat veen nu werd op den duur de belangrijkste basis voor de landbouw in deze streken: er werd grasland op aangelegd, dat redelijk productief was, doordat de in de loop van de voorgaande eeuwen vastgelegde voedingsstoffen gemobiliseerd werden. Dat gebeurde door een combinatie van (licht) ontwateren en bevloeien. Dat laatste is een vorm van grondgebruik die praktisch alleen nog uit enkele lokaal-historische studies bekend was en voor Brabant ook wel ontkend is[103]. De verklaring daarvoor schuilt in de wens vorstschade aan de zode te voorkomen – madeveengronden zijn notoir vorstgevoelig[104], gevolg van de aanwezigheid van leemlagen in de ondergrond, die directe invloed van kwelwater belemmert. Door nu het land in de water "af te dekken" met een laagje water, voorkwam men het indringen van de vorst in de grond. Vond dat plaats, dan vroor de grasmat op en braken de spruiten af van de wortels. Omdat daarin de voorraad reservevoedsel zit voor de eerste grasgroei in het vroege voorjaar, verliest men in feite tenminste een oogst. Door nu te bevloeien, voorkwam men vorstschade. Men bereikte voorts, dat allerlei de grasmat belagende organismen als ritnaalden, engerlingen, veldmuizen, mollen, enz., geen kans kregen. Tenslotte, niet onbelangrijk, werd het groeiseizoen verlengd – in de Belgische Kempen kon eind maart al het eerste gras worden geoogst[105]. Bij het huidige waterhuishoudkundige regime kan dat op zijn vroegst zo'n anderhalve maand later. Het adagium dat nat land koud en laat is behoeft dus enige correctie – en aan dat geloof hebben we al die diepe ontwateringssloten te danken...

De primaire betekenis van bevloeiing lag dus niet in de aanvoer van slib[106], maar in beperking van de vorstschade en de grotere oogstzekerheid. Al was slib welkom – het wordt wel als het enige excuus voor 'het gebrek aan waterbeschaving', zoals het begin 20e eeuw werd aangeduid, van onze voorouders gezien – primair doel was het niet bij bevloeiing. Het is zelfs de vraag of er wel veel slib werd aangevoerd in de meeste gevallen – alleen de Berkel (de grootste in ons land stromende gegraven beek[107]

---

[103] Vooral n.a.v. een artikelenreeks van Bert van Polen in de lokale pers over de natuurlijkheid van beken.

[104] B. van Heuveln (1965): De bodem van Drenthe. Wageningen. Ook Tiesing maakt daar gewag van. Zie C.H. Edelman (1943): De geschriften van Harm Tiesing over den landbouw en het volksleven van Oostelijk Drenthe. Assen.

[105] J. Burny (1999): Bijdrage tot de historische ecologie van de Limburgse Kempen (1910-1959). Publ. Nat.hist.Gen. Limburg Reeks 42, afl. 1. Maastricht.

[106] Die gedachte werd recent nog verwoord door W. Tijms (1992): De landbouw in het kerspel Diever (Middeleeuwen – 1612). In: J. Bos et al. (red.): Geschiedenis van Diever. Zuidwolde. De Drentse beken waren echter buitengewoon arm aan slib en rond de Haler Leek, omgeven door vochtige heide en hoogveen, was van slibaanvoer al helemaal geen sprake. Toch bevloeide men, getuige vele stuwkolken, ook daar op grote schaal. Zie voor een correctie op Tijms berekening G.J. Baaijens (1997): Waterbeheersing rond de Haler Leek. In: Havelaar et al., op. cit. p. 113-136.

[107] Ze is 140 km lang, maar loopt in Duitsland op de waterscheiding tussen een aantal noord- dan wel zuidwaarts stromende beken, mijdt in ons land alle laagste delen en doorsnijdt zowel bij Haarlo als Lochem hogere ruggen. Het slib werd zo angstvallig binnen de eigen grenzen gehouden, dat de (jonge)staatkundige grens tussen Overijssel en Gelderland tussen

Ten behoeve van de bevloeiing zijn vermoedelijk alle beken in het hoge deel van ons land gegraven[108]. Kort samengevat: de verstopping met dekzand van ons land betrof vooral die plaatsen, waar nog enig water aanwezig was en hoewel er hier en daar overloopgeultjes tussen laagten aanwezig geweest zijn, was van een samenhangend en doorlopend stelsel geen sprake. De meest natuurlijke beken van ons land vindt men dan ook in het lage deel van ons land (Amstel, Angstel, Rotte, Gein, Eem, Reitdiep, etc.), hoewel daaraan getijdenbeweging niet vreemd lijkt te zijn geweest: het was dus eerder de "pull" van de dagelijkse eb en de "push" van de vloed dan de "push" van veenwater dat daarbij een rol lijkt te hebben gespeeld. In dat licht bezien heeft de Steenbergse Vliet natuurlijker trekken dan de Dommel en de Aa - al zal menigeen dat anders ervaren en al is er ook aan die getijdengeulen veel menselijk handelen te pas gekomen. Misschien wel het sterkste argument tegen de natuurlijkheid is - het kwam al eerder ter sprake - het feit, dat de "meanders" zich nooit hebben verlegd.

Hoe ging men bij die beekaanleg tewerk? Het basisprincipe is eenvoudig: men zocht die plaatsen op, waar kwel van, bij voorkeur basenrijk, grondwater optrad. Dat heeft ook de gewenste hoge en constante temperatuur. De Warmbeek lijkt er haar naam aan te danken te hebben; heeft misschien zelfs wel een wat hogere temperatuur door eigenaardigheden in de ondergrond. Terzijde: op de Veluwe kent men, als tegenhanger van de Brabantse Warmbeek, een Koude Beek. Die kwam uit hoogveen en heide. Bij meanderende dekzandruggen zullen de gewenste plekken vooral de buitenbochten van ruggen zijn; bij kwelkraters is vaak het hart van de (verstopte) krater zo'n gezochte plek. Ze moeten niet moeilijk herkenbaar geweest zijn: Gele Lis, smalbladige Wilgensoorten[109] en Grote Zeggen wezen de weg en in de winter zijn plekken waar het niet bevriest gemakkelijk te verkennen[110]. plaats zal hebben gevonden Die kwelplekken verbond men met elkaar en indien in het tussengelegen traject al te veel water wegzeeg klopte men er wel leem in. In de Achterhoek ontdekte Zuurdeeg zelfs aquaducten: de beek was hier op houtwallen gebracht, die behalve die transporterende functie ook nog een rol speelde bij het weren van oppervlakkig afstromend zuur (en koud) heide- en veenwater[111]. Als de ruggen veel water leverden, ging men wel min of meer zigzaggend door zo'n rug heen. Die constructie ziet men veel in de Gelderse Vallei (zie fig. 61); een variant daarop is een begreppeling, of zelfs een slotenstelsel, bovenop hogere terreindelen. Voorbeelden daarvan zijn o.m. te zien in fig. 28.

De beek zelf kan op verschillende manieren zijn vormgegeven. In een eerdere publicatie is daarop nader ingegaan[112]. In elk geval bestond altijd de mogelijkheid tot opstuwing. Die plekken laten zich op oude kaarten of op oude luchtfoto's gemakkelijk aanwijzen, als verbredingen in de beek:stroomafwaarts van de stuw kolkte de beek uit, vaak lag daar ook een stortebed.

Vaak liggen stuwplekken bij abrupte knikken in de beek: een deel van het water stroomde dan direct over het land naar een punt, waar het opnieuw op de beek kon worden gebracht. Ook bruggen en de bijpassende landhoofden en wegen waren favoriete plekken: men spijkerde dan planken tegen de staande balken van de brug[113]. Voor de Reest is dat dubbelgebruik ook gedocumenteerd[114]; de

---

Lochem en Westerflier nu als een bodemkundige en geomorfologische grens is terug te vinden. De landweer brak op één punt enkele malen door; daar vinden we dan ook een klein kleiwaaiertje op Overijssels gebied.

[108] Zie voor achtergronden van dit vermoeden G.J. Baaijens, F.H. Everts & A.P. Grootjans (2001): Traditionele bevloeiing van grasland. Een studie naar vroegere bevloeiing van reservaten in pleistoceen Nederland, alsmede enkele boezemlanden. Rapport Expertisecentrum LNV, Wageningen.

[109] Lokaal als "Weide" aangeduid en daarmee scherp onderscheiden van de breedbladige soorten, die op oppervlakkige toestroming van basenarm water wijzen en als "Warf (t) of Werf(t)" worden aangeduid. Het zal wel toeval zijn, maar op de laatste plaatsen kon men wel goed bouwen, dus een erf of werf(t) stichten en de eerste plaatsen leverden goed weide- en hooiland op.

[110] Vink (op. cit.) gebruikte voor zijn studies in hetr rivierengebied ook dit soort kenmerken. Hij sleet hele zaterdagen bij kappers om van boeren, die zich die dag lieten scheren, informatie over kwelplekken te verkrijgen.

[111] N.Zuurdeeg (1991a): Oud boeren-waterbeheer in de Achterhoek. Natuur en Landschap in de Achterhoek en Liemers 52:44-51 en id. (1991b):Water wijst de weg. Natuur en Landschap in de Achterhoek 5, 3/4:98-106.

[112] Zie voetnoot 19.

[113] Daarmee hangt vermoedelijk de bepaling samen dat bruggen in Drenthe altijd vervaardigd moesten zijn uit jukken van eiken balken van 1 voet in het vierkant (30x 30 cm). Voor het vervoer over de bruggen is dat een overdreven zware constructie. Opmerkelijk is ook, dat bijv. in Meppel en bij Zuidwolde de landhoofden van bruggen over de Reest al gemetseld waren in een

overstorten werden vaak van een stenen bodem voorzien, die later als voorden[115] werden aangeduid. Ze kunnen die functie ook wel gehad hebben, maar gezien de koppeling weg - brug - stuwkolk - keienvloer is een voorde naast de weg toch niet geheel logisch, al kan er van secundaire verplaatsing sprake zijn. De vele zgn. voorden in de Drentsche Aa[116] zullen een vergelijkbare functie gehad hebben. Enkele daarvan liggen niet in een weg.

Men moest niet alleen over een aanvoer, maar ook over een afvoer beschikken. Het meest eenvoudige was als men die kon combineren, door bijv. de beek langs de kortste weg dwars over het beekdal te leiden. De stroomafwaartse delen konden op die manier gemakkelijk bevloeid worden en er kon worden geloosd op het volgende deel van de beek. Die oplossing vindt men op vele plaatsen, op grote schaal bijv. langs de Berkel, maar ook langs belangrijke delen van de Dommel. Een andere, veel aangetroffen, oplossing is een opgeleid stelsel, dat gewoonlijk als beek wordt aangeduid en een min of meer parallel daarmee lopende, vaak als "laak" of "leek" aangeduide, waterlossing, die voor de afvoer zorgdroeg. Bij de aanleg daarvan ging men recht door het veen. Bochten zijn daar dan ook schaars. Bochten zijn ook schaars in voorzieningen die bedoeld waren om vanuit heide en/of hoogveen afstromend water af te voeren. Dat was arm, zuur en loogde dus uit in plaats van te bemesten. Ze zijn op de kaart vaak terug te vinden als Kwasloot, Ruimsloot, Leisloot, e.d. Men vindt ze vooral waar over grote lengten oppervlakkige afvoer plaats kon vinden; ze eindigen gewoonlijk op de grens van de het dorpsbehoren in de beek[117]. Dat is natuurlijk niet toevallig – men was het zure water zelf kwijt en de buren moesten zich maar redden.

Het hiervoor beschreven patroon – twee evenwijdige watergangen in een beekdal, waarvan er één hoger ligt – tekent zich, met variaties, in Brabant op vele plaatsen af. Een dergelijk patroon past ook bij bevloeiing: had men slechts willen ontwateren, dan was een watergang in het centrum van het dal, met dwars daarop zijsloten, voldoende geweest – en dat had ook aanzienlijk minder energie gevergd. De conclusie is dus onontkoombaar: er is buitengewoon veel onnatuurlijks aan de Brabantse beken. Zelfs de bochten zijn gewoonlijk gegraven en van meanders is in feite geen sprake. Overigens: al in de jaren '30 en '40 verbaasden onderzoekers zich over de afwezigheid van bij meandering behorende verschijnselen als bochtverleggingen, afsnoeringen e.d.[118]. Dat pleit dus voor het vernuft van onze middeleeuwse voorouders, want erosie is in de rechte leidingen van vandaag de dag eerder regel dan uitzondering.

In de randgebieden van de Pleistocene gronden werd eveneens bevloeid. In de klei-op-veengebieden van Noordwest-Brabant zal het vermoedelijk niet anders zijn geweest – nog steeds leeft de herinnering aan de blank staande komgronden in het Land van Heusden en Altena, ten noorden van

---

tijd, dat buiten de kerk stenen huizen niet of nauwelijks bestonden. De Brabantse rechtsregels zijn op dat punt, voorzover ons bekend, nog niet onderzocht

[114] J.P. van den Berg (1986): Het water en Staphorst. In: N.J. Driessen (red.): Van Reestdal tot Beentjesgraven; van Kievitshaar tot Kievitsnest: geologie, natuur, cultuur en historie in de gemeente Staphorst. Zwolle; pp. 21-47. Op p. 35 wordt ingegaan op bevloeiing langs de Reest en worden twee 19e-eeuwse reglementen voor de Staphorster zijde gemeld.

[115] Voorden waren oorspronkelijk zandruggen in het veen, die een verbindingsmogelijkheid ("voortgang") boden. Men vindt dan ook nogal eens voorden op plaatsen zonder beek (Lichtenvoorde, bijv.). Doorwaadbare plaatsen werden aanvankelijk – en lokaal nog wel – als "wad" aangeduid, waarin men (door-)waden herkent.

[116] H. Lanjouw & H. van Westing (1995): Voorden in Drenthe. NDV 112:36-50. Jammer is, dat ze zich beperkt hebben tot het aangeven van ongeveer wegbrede steenbestortingen: ook bij smallere kan immers van een stuw sprake zijn geweest. Terzijde zij er op gewezen, dat de term voorde aanvankelijk sloeg op zandruggen in het veen. Bij de aanleg van beken ging ze over op de passage van de beek. Er zijn dan ook beekloze voorden, zoals bijv. Lichtenvoorde. Voorzetsels als brede, kromme, hulst e.d. slaan dan ook op de zandruggen, niet op de aard van de gewoonlijk smalle en korte passages van de beek.

[117] Een mooi voorbeeld ligt in het Geelbroek, een reservaat van Staatsbosbeheer binnen het stroomgebied van de Drentsche Aa. In het kader van de ruilverkaveling Laaghalen bestond het onzalige voornemen hier bochten in de Ruimsloot te graven en vrije meandering mogelijk te maken. Daarvoor zijn stroomsnelheden nodig, die alleen maar kunnen leiden tot een verdere verdroging van het gebied.

[118] Als eersten, voor de Ratumsebeek in Winterswijk: V. Westhoff & H. de Miranda (1938): Kotten, zoals de NJN het zag. Amsterdam. Specifiek voor een groot aantal Drentse beken: P.H. Kuenen (1945): De Drentsche riviertjes en het meandervraagstuk. Verh. Geol.-Mijnb. Gen. Geol. Ser. 14: 313-336. De onnatuurlijkheid van de talloze bochten in de dan nog niet rechtgetrokken Wold Aa blijkt fraai uit een luchtfoto uit begin jaren '30, afgedrukt in C.A.J. von Frijtag Drabbe (1972): Luchtfotografie. Den Haag, p. 26.

Etten en Leur, etc. De ratio achter dit "gebrek aan waterbeschaving" is eigenlijk nooit onderkend. Een prachtig voorbeeld van bevloeiing van Pleistocene randgebieden vindt men in het Groninger Westerkwartier. Voor 20 maart werd er zelfs niet geloosd op het Reitdiep. "Het hooi [van dit bevloeide land] was een zware concurrent van het beste kleihooi" leren we uit een oud boerennotitieboek[119]. Dat is dus een wat ander beeld dan uit jaren landbouwvoorlichting naar voren komt: het beeld van verzuring en rottend gras is eigenlijk alleen aan de orde bij stilstaand regenwater en men deed er alles aan om stilstaand water te voorkomen. Niet voor niets heette het bevloeide grasland in de 17e-eeuwse grondschattingen stroomland: het water diende door te stromen[120]. In de oudst bekende Drentse regeling met betrekking tot de waterhuishouding wordt het vasthouden van water zelfs expliciet verboden. In droge winters zal die neiging wel bestaan hebben, maar dan benadeelde men de stroomafwaarts gelegen boeren[121].

Waar duidelijk geulen vanuit de heide het beekdal inliepen, legde men wel houtwallen aan. Die konden verbazingwekkend breed en hoog zijn - teken van de moeite die men zich getroostte om het zure, uitlogende water - door Sallandse boeren in 1304 bijna ritualiserend aangeduid als *"de wilde Wiking die van over land komt"*; broodrovers bij uitstek dus - te weren[122]. In het Drentsche Aa-gebied vindt men zo'n wal bij het Witterveld; in 1527 is er nog een proces over gevoerd[123].

De 'boerenvoortvaring', om een term van Hijszeler te gebruiken, die bevloeiingsstelsels voor de Noord-Twentse Mosbeek beschreef[124], was dus gebaseerd op een vernuftig stelsel van plaatselijk water aftappen en het elders gebruiken om veen te bevloeien. Terzijde: beek is etymologisch verwant met bek; met bijten, afknabbelen, derhalve en het Drentse 'diepjes' laten al evenmin veel ruimte voor romantische gedachten. Daarbij werd licht ontwaterd en verteerde er dus veen, terwijl het opbrengen van bicarbonaatrijk water op een armer veentype tot natte oxidatie ('veenrot') leidde[125]. Al met al teerde men dus in op het veen. Soms kwam dat daardoor zo laag te liggen, dat landbouwkundig gebruik onmogelijk werd. De laatste fase was dan turfwinning bij diepere veenvoorkomens of, als de grondwaterstand nog kon worden aangepast, versmalling van de venige strook en plaatselijk geheel verdwijnen. De waarde van de grond daalde dan drastisch[126]. Het eerste zien we stroomafwaarts, o.m. bij de Moerputten; het laatste over de hele lengte van het systeem.

Men mene dus niet, dat het oude stelsel duurzaam was: men teerde in op de erfenis van de laatste 10.000 jaar en als gevolg van het graslandgebruik is nu alleen nog maar oud veen te vinden. Dat kan tot komische toestanden leiden: een C-14-metingen aan een recent gevangen visje bleek een ouderdom

---

[119] G.H. Ligterink (1968): Tussen Hunze en Lauwers. Kultuur-historische schetsen uit het Groninger Westerkwartier. Groningen. De geciteerde voetnoot is te vinden op p. 82.

[120] Men sprak ook wel van "schutten" of "schuttinge". Een wel zeer mooie term - beëemen - is overgeleverd in H. Hartogh Heys van Zouteveen (1864): Bijdragen tot de statistiek van Drenthe. Delft. Eem als wateraanduiding kennen we nu alleen nog in toponiemen en het lijkt dus om een zeer oud woord te gaan en, wellicht, ook om een oude praktijk. Het is verleidelijk om het zuidnederlandse woord beemd hiermee in verband te brengen ("beëemd land"). Hoe belangrijk doorstroming werd geacht blijkt bijv. bij de markescheiding van Uffelte (Dr.). Land dat bij "schuttinge" stilstaand water heeft wordt aanzienlijk lager getaxeerd en daarvan krijgt men dus meer(J.Heringa(1975): Uit de geschiedenis van Rheebruggen. Nwe Dr.Volksalmanak 92:73-125).

[121] De regeling, beschreven in G.A. Coert (1991): Stromen en schutten, vaarten en voorden. Geschiedenis van de natte waterstaat in Drenthe 1291 - 1988. Meppel/Amsterdam, komt uit een dergelijk conflict voort en is alleen begrijpelijk wanneer er bevloeid werd: als alleen van ontwatering sprake is, zullen boeren stroomafwaarts nooit bezwaar maken tegen verminderde afvoer van bovenstrooms.

[122] S.J. Fockema Andreae (1950): Studien over waterschapsgeschiedenis II: Salland. Leiden.

[123] Zie Coert, op.cit.

[124] C.C.J.W. Hijszeler (1966): Mander en omgeving, gem. Tubbergen. Versl.Med.Ver.Beoef. Ov.Regt en Gesch. 81:1-50 en id. (1970): De buurschap Mander en omgeving in de historie. In op.cit. 85:1-160.

[125] F.H.J.L. Bloemendaal & J.G.M. Roelofs (1988): Waterverharding. P. 147-158 in: F.H.J.L. Bloemendaal & J.G.M. Roelofs (red.): Waterplanten en waterkwaliteit. Nat.hist.Bibl. KNNV no. 45. Utrecht. Zie ook M.J.R.Cals & J.G.M.Roelofs(1989):Ecohydrologisch onderzoek Noorderpark. Med.190 LID. Utrecht/Nijmegen.

[126] J.N.H. Elerie (1998): Weerbarstig land. Een historisch-ecologische landschapsstudie van Koekange en de Reest. Groningen. De balans tussen archiefstudie en literatuuronderzoek is in deze studie wat zoek. Zo is alle bestaande literatuur over bevloeiingen genegeerd.

van enkele duizenden jaren op te leveren[127]! Het geeft iets aan van de vergankelijkheid van het systeem: al dat duizenden jaren geleden gevormde veen wordt nu al zo'n 1000 jaar afgebroken.

De laatste honderd jaar gebeurt dat overigens in een versneld tempo: er wordt dieper ontwaterd, waardoor droge oxidatie zeer veel belangrijker is geworden en voorzover er nog inundatie voorkomt, is dat met water, dat aanzienlijk rijker is aan sulfaat en nitraat dan het ooit geweest is. En dat bevordert de natte oxidatie aanzienlijk meer dan bicarbonaat ooit kon[128].

Een andere, de aantasting van veen bevorderende, factor is het bezanden van veen geweest. Dat is op grote schaal gepropageerd, om de draagkracht te bevorderen[129]. Neveneffect is, dat de warmtehuishouding negatief wordt beïnvloed in die zin, dat de grond eerder en dieper opwarmt. Ook dat bevordert de aantasting van het veen[130].

Bevloeiing is dus eigenlijk herverdeling van water en dat leidde tot een zekere gelijkvormigheid in het grasland: men streefde naar zo productief mogelijke vegetaties. Dat hield in, dat bijv. wat schralere vegetaties, zoals die met Draadrus, voor de uitmondingen van zijdalen, bij voorkeur bevloeid werden, terwijl het daarvoor benodigde water onttrokken werd aan natuurlijke kalkmoerassen, die als blek of blik werden aangeduid. Daardoor kon een soort als bijv. Dotter sterk toenemen: in de kalkmoerassen door lichte ontwatering, op Draadrusplekken door bevloeiing. In dat licht is het niet verwonderlijk, dat bij het huidige beheer, waar gerichte inundaties geen doel zijn, iets van die vroegere arme plekken weer zichtbaar wordt. Dankzij de gehandhaafde ontwatering komen de kalkmoerassen, het natuurlijk equivalent van blauwgrasland, intussen niet terug: er stroomt zeer veel water onbenut richting Noordzee.

Men had niet snel een teveel aan water. Zowel in Drenthe als in de Achterhoek, Twente en de Gelderse Vallei zijn aanwijzingen gevonden voor een inrichting, die zowel in natte als in droge jaren in staat stelde maximaal profijt te trekken van het beschikbare water: bij hoge afvoeren werd het te bevloeien gebied vergroot. Men bevloeide dan zelfs wel randgebieden van heiden. De zin daarvan schuilt in een kalkinjectie in een milieu, waar normaal uitloging overheerste. De opgehoopte organische stof mineraliseerde daardoor wat sneller en dat leidde tot een iets hogere productie. Bij de Haler Leek bestonden ook dergelijke voorzieningen; hier betrof het bevloeiing van vochtige heide en zelfs hoogveen[131].

Het streven naar maximaal profijt van zelfs de hoogste afvoeren leidde er ook toe, dat op vele plaatsen verbindingen tussen bekensteisels bestonden. Voor Lely, die ooit zijn loopbaan begon bij het Waterschap van de Schipbeek, was dat aanleiding tot gemopper over die afwijkingen van het gezonde waterhuishoudkundige beginsel dat elke beek zijn eigen stroomgebied dient te bedienen. Nu trof hij het niet, want juist in het gebied van Berkel en Schipbeek waren werkelijk alle beken met elkaar verbonden en de enige scheiding die nog enigszins gerespecteerd werd, was de provinciegrens. Enigszins, want Deventer had al clandestien een verbinding tussen Bolksbeek en Schipbeek gemaakt en de Boven-Regge ontving genoeg Berkelwater dan dat rond Weldam en Westerflier alle grasland een kleilaagje kreeg, ondanks de staatkundige scheiding van de gouw Hamaland in 1046, gevolg van, naar men zegt, overspelig gedrag van Gravin Ada, die na haar euveldaden naar Wageningen vluchtte. De rechten van Westerflier waren kennelijk grensoverschrijdend.

---

[127] Mond. med. prof.dr. S. Bottema.

[128] L.P.M. Lamers (2001): Tackling biogeochemical questions in peatlands. Diss. KUN. Nijmegen.

[129] Bizar is in dit verband, dat bij het COAL-onderzoek een Friese boer in de administratie zat, die land van het Fryske Gea pachtte, dat, omdat het deel uitmaakt van Frieslands Boezem, nog elk jaar langdurig blank staat. Hij verklaarde, dat hij onmiddellijk nadat het water van het land was al op het land kon rijden, omdat het "waterhard" was.

[130] W.R. van Wijk & W.J. Derksen (1963): Sinuisodal temperature variation in a layered soil. P. 171-209 in: W.R. van Wijk (ed.): Physics of plant environment. Amsterdam.

[131] Baaijens in Havelaar et al., op. cit.

Grootgrondbezit speelde wel vaker een rol bij dit soort verdelingsvraagstukken: in Gelderland en Overijssel vindt men nogal eens kastelen of kloosters op de plaats van verdeelpunten. Toch zou het te eenvoudig zijn om aan te nemen, dat daar ook de kennis voor dit soort werken geconcentreerd was. In de "boerenrepubliek", Drenthe, waar grootgrondbezit nooit vaste voet verworven heeft, bestonden soortgelijke voorzieningen. De Drentsche Aa[132] is een mooi voorbeeld: hier bestonden meerdere verbindingen met andere beekdalen en grootgrondbezit heeft daar alleen aan de benedenloop, stroomafwaarts van de laatste driewegkraan boven Glimmen[133] , enige rol gespeeld - en nooit bij de inrichting. In Brabant vonden we ook dergelijke verbindingen tussen bekenstelsels, bijv. ten zuiden van Valkenswaard en in de regio tussen Tilburg en Den Bosch.

Uit het voorgaande moge duidelijk zijn, dat het weinig waarschijnlijk is dat door vroegere landbouwkundige praktijken de diversiteit toenam - het streven was er immers op gericht overal een zo hoog mogelijke productie te bereiken. En dat bevloeide land was daarbij het beste - omgerekend naar hedendaagse prijzen betaalde men daar in het midden van de 17e eeuw zo'n 140.000 à 180.000 euro voor. Na vertering van het veen was het hoogstens enkele tientallen euro's waard[134].

In de 19e en, vooral, in de 20e eeuw vonden grote veranderingen plaats in het grondgebruik. De aanvoer van granen e.d. van elders zorgden voor mineralenoverschotten - al uit de eerste min of meer volledige landbouwstatistiek, van rond 1840, blijkt ons land, in termen van stikstof en fosfaat, meer in te voeren dan er wordt uitgevoerd[135]. De gedachte dat mestoverschotten dus pas na 1950 zouden zijn ontstaan, is dan ook nergens op gebaseerd.

Die overschotten maakten, ook voordat er kunstmest werd gebruikt, grootschalige ontginningen van de heide mogelijk. Al in de 19e eeuw werd aldus, zonder kunstmest, 1/3 van de heidevelden in ons land ontgonnen. Her en der werden schaapskudden afgeschaft; zeer vroeg (rond 1850) in Dwingeloo[136]; bijna honderd jaar later aan de andere zijde van het Dwingelerveld, in Kralo. Dat verschil werd bepaald door transportkosten: in Dwingeloo kon men via de Drentse Hoofdvaart goedkoop mest uit het westen (en uit Noordwestoverijssel, waar op grote schaal Krabbescheren gebaggerd en als meststof verkocht werden) krijgen. Turfschippers namen dat als retourvracht mee. De Brabantse kanalen vervulden ook een belangrijke rol bij de heideontginningen, zij het op een wat andere wijze. Van de nood van de agrarische crises - graanprijzen waartegen niet te concurreren viel - maakte men een deugd door veevoer aan te voeren, als basis voor een omvangrijke fokkerij van varkens, kippen, e.d. De daarbij geproduceerde mest was de basis voor het "aanmaken" van heiden, meer dan de kunstmest.

Die ontginningen gingen gepaard met hydrologische ontsluiting van de heidegebieden: men richtte het oog als eerste op de nabij de beekdalen gelegen, wat betere (gewoonlijk:humeuzere) gronden - en vaak lagen die achter zo'n zuur water kerende wal. Die werd dan doorgraven. Gevolg was, dat de kwaliteit van het beekwater afnam, maar ook de drukverschillen tussen hogere en lagere gronden, drijvende kracht achter het bevloeiingssysteem, verminderde erdoor - speciaal in het groeiseizoen. Uit Z.W.-Drenthe weten we, dat na de hooioogst nog wel eens bevloeid werd, om de grasgroei weer op gang te brengen[137], maar dat werd allemaal moeizamer.

---

[132] G.J. Baaijens, F.H. Everts & A.P. Grootjans (2001): Traditionele bevloeiing van grasland. Een studie naar vroegere bevloeiing van reservaten in pleistoceen Nederland, alsmede enkele boezemlanden. Rapport Expertisecentrum LNV, Wageningen.

[133] Dit besef roept bij het aanschouwen van de borden langs die benedenloop, die trots het herstel daarvan verkondigen, de vraag op: Welke van de drie? Wrang is ook, dat al 2000 jaar terug opgeslibde benedenlopen uitgegraven worden - verdrogingsbevordering in het kader van natuur- en landschapsherstel.

[134] J.Bieleman(1987):Boeren op het Drentse zand 1600-1910. Utrecht.

[135] Berekend op basis van gegevens in J.L. van Zanden (1985): De economische ontwikkeling van de Nederlandse landbouw in de negentiende eeuw, 1800-1914. A.A.G. Bijdragen 25. Wageningen.

[136] J.A. Verduin (1972): Bevolking en bestaan in het oude Drenthe. Een sociaal geografisch onderzoek naar het huwelijks- en voortplantingspatroon in het 19e eeuwse Drentse zandgebied. Assen. Toch werd in Dwingeloo maar mondjesmaat land aangemaakt; men gebruikte de aangevoerde mest vooral op het bouwland en zelfs al op grasland.

[137] Zie Tijms, op. cit.

Men kan vermoeden, dat men toen ook overging tot het begreppelen van het grasland; in de oude praktijk van het bevloeien passen geen greppels. De percelen werden daar dan ook met paaltjes aangegeven[138]. Omdat men een goede vochtvoorziening toch op prijs stelde - woar wèter is, is grös - sloot men de greppels vaak aan de onderkant met een plankje af, dat men weghaalde bij het oogsten, om dan een iets drogere en steviger zode te hebben. Maar eigenlijk is dat een praktijk, die pas opkwam, toen het handmaaien verdween. Het is een praktijk, die in reservaten ook nog wel gebezigd werd (wordt?), maar ook hier is sprake van een misverstand - het is helemaal geen oud boerengebruik.

De "greppelkwestie" brengt iets in beeld, dat van grote betekenis is geweest - en nog is - voor het beheer in de beekdalen. De 19e-eeuwse ontginningen brachten, zoals we zagen, met zich mee, dat heidevelden hydrologisch ontsloten werden[139]. Het bevloeiingssysteem verloor daardoor aan beheersbaarheid: de topafvoeren namen toe, de basisafvoer in de zomer verminderde. Bij dat alles pleit het voor het inzicht van onze voorvaderen, dat zelfs die verhoogde afvoeren niet leidden tot instabiliteit van het bekenstelsel: nog in de jaren '40 van de 20e eeuw immers was van verleggingen van bochten nauwelijks sprake[140]. Het onderstreept ook nog eens, hoezeer men uit was op maximale benutting van water, ook van de zeldzame hoge afvoeren, waarmee men ook in een verder verleden wel van doen had.

De kwaliteit van het beekwater werd er bij dat alles niet beter op - zuur water, dat men tot dat moment geweerd had, kwam nu wel degelijk op de beken. Die hoeveelheid zuur water werd nog vergroot, doordat men in de 19e eeuw veel turf in de vennen begon te steken, vaak na er eerst boekweitbrandcultuur te hebben gepleegd om een schone toplaag te hebben. Daarbij werd ontwaterd en men groef dan ook sloten tussen allerlei veentjes in de heide - vaak in geulen gerangschikt - om dat mogelijk te maken. Omdat men liever turf stak dan baggerde, plaatste men ook wel molentjes bij veentjes, om ze daarmee te kunnen ontwateren. Dan ook zien we veel verbindingen tussen heideveentjes en beekdalen ontstaan. Turfwinning ging tot na de Tweede Wereldoorlog door, lokaal zelfs tot in de jaren '70.

---

[138] Mooi beschreven door S. Cancrinus (1956): Dwingeloo. Schetsen van verleden en heden. Meppel. In de 19e eeuw kwam een nieuw type bevloeiingen op, met name in heideontginningen, waarbij uitgebreide greppelsystemen werden aangelegd. Ze werden nog uitgebreid gepropageerd in het Verslag der Staatscommissie benoemd bij Koninklijk Besluit van 5 mei 1893 No. 16 tot het instellen van een onderzoek omtrent bevloeiingen. Den Haag, 1897). Geen wonder, want dit type werken betekende veel werk voor de in de commissie ruim vertegenwoordigde ingenieursbureaus. Zoals te verwachten valt, bleef het meeste slib in de aanvoergreppels hangen - en dat moest er dan in handkracht weer uit worden geschept om over het land te worden verdeeld. De oude boerenstelsels waren op verdeling van het slib door stromend water gebaseerd en behoefden nauwelijks onderhoud. Boeren konden er dan ook niet enthousiast voor raken, alleen grootgrondbezitters - en dan nog tijdelijk. Op Lankheet onder Haaksbergen, eigendom van de voorzitter van de Staatscommissie, G.J. van Heek, is een dergelijk stelsel aangelegd. Bij recent onderzoek t.b.v. het herstel van bevloeiingswerken werd ontdekt, dat ook hier uiteindelijk de boerenwijsheid het gewonnen heeft.

[139] Sommige historisch geografen menen, dat die ontsluiting al in de 17e eeuw op gang kwam. Zie voor dit misverstand vooral J. Bieleman (1987): Boeren op het Drentse zand 1600 - 1910. Een nieuwe visie op de 'oude' landbouw. Utrecht. Dat wordt afgeleid uit een voorstel van het Landschapsbestuur de opbrengsten van de heidevelden te vergroten door diepere ontwatering. Het zal duidelijk zijn, dat iets dergelijks alleen - en dan nog kortstondig - te verwachten valt bij gronden met een wat dikkere humeuze laag. Waar die geplagd werden, zowel voor strooisel als als brandstof, ligt het niet voor de hand dat boeren daartoe zijn overgegaan. Op de vroegste kaarten is dan ook praktisch nergens een sloot te vinden op heidevelden, die de heide verlaat. Waar men zich bovendien zeer wel bewust was van het effect van zuur heide- en veenwater op graslandvegetaties, zou men wel buitengewoon stupide zijn geweest wanneer men die aanbeveling van het Landschapsbestuur zou hebben opgevolgd. Er moet een golf van geschater door Drenthe zijn gegaan. Van de onwetendheid van de bestuurderen maakten men enkele decennia later overigens graag gebruik, toen men bezwaarschriften indiende tegen de waardeschattingen van het groenland. Dan meldt men de aanwijzingen te hebben opgevolgd en nu met bedorven graslanden te zitten. Die bezwaarschriften moet men natuurlijk nemen voor wat ze zijn: een poging tot belastingverlaging, waarbij elk middel - en misverstanden bij bestuurderen werden natuurlijk gretig aangegrepen - toelaatbaar werd geacht. Mooi is het bezwaarschrift van de boeren van Lheebroek: ze klagen, dat ze niets konden bevloeien en dat al hun grasland met heide en elzen belopen zijn. In werkelijkheid konden juist zij al hun groenland bevloeien - en heide en elzen zijn elkaar uitsluitende soorten in het Lheebroeker grasland. Het heeft er veel van dat men, met de grondschatting in het vooruitzicht en zeldzaam hoge prijzen voor slachtvee op de markten in het westen, de veestapel rond 1650 bewust gereduceerd heeft (het hoorngeld daalt, zonder dat van veeziekten sprake is) en op die manier een aanzienlijk deel van het grasland kon verwaarlozen - om op die manier de kwaliteit, en daarmee de aanslag, te kunnen doen verminderen.

[140] Zie voetnoot 8.

Al die activiteit op de heidevelden moet ook de kweldruk hebben doen verminderen; voor de Hunze maakt Tiesing daar inderdaad gewag van[141]. Ook daardoor verminderde de kwaliteit, in landbouwkundige zin, van het beekwater. Voeg daarbij, dat wanneer de eerste kunstmest komt dat vaak zwavelzure ammoniak is, waardoor veenrot bevorderd werd, en de afnemende belangstelling voor bevloeiing is niet geheel onbegrijpelijk.

De strijd tussen de "natten" en de "drogen", zoals het in de jaren '30 in Dwingeloo heette, is uiteindelijk door de "drogen" gewonnen. Aanvankelijk streefde men daarbij niet naar maximale drooglegging: plas-dras in de winter en een grondwaterstand van 30 cm onder maaiveld werd voldoende geacht. Men vreesde droogte meer dan wateroverlast. Angst voor een gering rendement van de mest bestond er weinig: al in 1859, toen er nog volop bevloeid werd, werd er grasland bemest en men kreeg opbrengsten (ca 16 ton d.s./ha), die zelfs vandaag de dag niet worden gehaald[142]. Nu was een dergelijke hoge opbrengst ongetwijfeld, ook in het landbouwkundig als voorlijk beschouwde Dwingeloo, uitzondering - daarom kwam het ook in de krant. Toch raken we hier aan een probleem, dat de waterhuishouding van alle beekdalen in ons land in zeer nadelige zin beïnvloed heeft: de vraag wat optimale grondwaterstanden zijn.

Aan onderzoek op dat punt heeft het niet ontbroken; het meest uitvoerig door de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN)[143]. Daarin werd onderzoek naar grondwaterstanden gecombineerd met proefveldonderzoeken; het mondde uit in een reeks rapporten en een samenvattend rapport, waarin voor een aantal grondsoorten en voor bouwland en grasland afzonderlijk optimale grondwaterstanden voor zomer en winter werden aangegeven. De optimale grondwaterstanden liggen opvallend ondiep, veel ondieper dan nu wordt aangenomen. Toch liggen ze al dieper dan het onderzoek rechtvaardigde: Visser geeft aan, dat op gezag van (ongenoemde) deskundigen het optimum wat naar de droge kant is verschoven om effecten van verliezen door beweiding, ruwvoerwinning e.d. in te bouwen[144].

Dit verschuiven van de optima is nadien gewoonte geworden. In zekere zin werd daarmee aansluiting gezocht bij en een rechtvaardiging gevonden in onderzoek van Hooghoudt[145], dat zich in elk geval in een voor iedereen begrijpelijke zin liet samenvatten: "hoe dieper, hoe beter". Daarbij is over het hoofd gezien, dat Hooghoudt een zeer onnatuurlijk regime instelde, geïnspireerd door zijn landbouwkundig beter onderlegde collega's (hij was zelf chemicus), n.l. laag in de winter en hoog in de zomer[146]. De wintergrondwaterstanden lagen vast en op een diep niveau; die voor de zomermaanden wisselden

---

[141] Zie Edelman, op. cit.

[142] Prov. Dr. en Asser Courant 13-9-1859. De langjarige netto-opbrengst van grasland is thans ca 10 à 11 ton d.s./ha.

[143] J.J. de Vries (1982): Anderhalve eeuw hydrologisch onderzoek in Nederland. Amsterdam.

[144] W.C. Visser (1958): De landbouwwaterhuishouding van Nederland. Rapport no. 1 Comm. Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland - TNO. Z.pl. Visser was een briljant onderzoeker, die kans zag een vorm van multivariate analyse in te voeren, gebaseerd op grafische technieken, voordat krachtige computers dat werk vereenvoudigden.

[145] Hooghoudt legde een groot aantal proefvelden aan, waar de grondwaterstanden strikt gecontroleerd konden worden. Door voortijdig overlijden heeft hij daar zelf nauwelijks over kunnen publiceren; een voordracht met enkele voorlopige uitkomsten is na zijn dood verschenen (S.B. Hooghoudt (1952): Waarnemingen van grondwaterstanden voor de landbouw. Versl. Techn. Bijeenk. 1-6 Cie Hydrol. Ond. TNO: 94-109). De uitkomsten van zijn proefvelden, bijv. dat van Nieuw-Beerta, worden intussen wel in college-dictaten gebruikt, zoals bijv. het dictaat Agrohydrologie, herziene uitgave 1973, afd. Cultuurtechniek LH Wageningen, zonder enige achtergrondinformatie over proefveldomstandigheden e.d.

[146] Die wens hoort men nog wel. Ze is in zoverre merkwaardig, dat enkele miljarden jaren evolutie er ongetwijfeld toe hebben geleid, dat planten aangepast zijn aan hoge wintergrondwaterstanden en dalende standen in de zomer. In West-Europa is de enige plaats waar een daaraan tegengesteld regime voorkomt de Bodensee. Berichten over hoge opbrengsten daar zijn nooit tot de literatuur doorgedrongen.

Achtergrond van de wens van Hooghoudts (Groninger) collega's was, dat men in het kustgebied inderdaad een regime kende van diepe slootpeilen in de winter en volle sloten in de zomer. De oorzaak daarvan was, dat men in de winter streefde naar vorming van diepe regenwaterlenzen. De percelen werden met het oog daarop bol opgeploegd, om het maaiveld zo goed mogelijk evenwijdig aan de winterse grondwaterspiegel te krijgen. In de zomer zette men met zeewater de peilen op, om aldus de regenwaterlenzen opwaarts te drukken en binnen het bereik van de plantenwortels te houden. Een specifieke oplossing voor een specifiek probleem kan natuurlijk nooit maatgevend zijn voor heel Nederland. In die zin is een heroriëntatie op de uitgangspunten van het huidige waterhuishoudkundige beheer dringend gewenst.

wel. Gevolg van die proefopzet was, dat het in het voorjaar nieuw ontwikkelde wortelstelsel – voordat de bovengrondse delen beginnen te groeien wordt uit het reservevoedsel eerst een wortelstelsel aangelegd; de groei daarvan eindigt wanneer de grondwaterspiegel bereikt is – in meerdere of mindere mate verdronken werd. Dat het minst verdronken wortelstelsel dan tot de hoogste productie leidt, is eenvoudig te begrijpen[147]. Dit misverstand is maatgevend geworden voor de gehanteerde normen ten aanzien van de meest gewenste grondwaterstanden. Daarbij is men geleidelijk aan opgeschoven in een richting, waarbij aanzienlijk dieper wordt ontwaterd dan teelttechnisch gezien wenselijk is – met in het achterhoofd ongetwijfeld de gedachte, dat vochttekorten ook wel met beregening kunnen worden opgelost. Daarmee wordt overigens een trend in gang gezet, waarbij het gewas "lui"wordt, d.w.z. een zeer ondiep wortelstelsel ontwikkelt en nog gevoeliger wordt voor droogte.

Enige rechtvaardiging voor die wensen t.a.v. diepere grondwaterstanden is er intussen wel, maar die schuilen in feite in de benuttingstechniek. naarmate meer gemechaniseerd werd, werd de benuttingstechniek ruwer en namen de oogstverliezen toe[148]. Tegelijkertijd ziet men dan eerder plassen op het land en soms wordt de oogst daardoor geheel onmogelijk. Dan weerklinkt de roep om nog diepere ontwatering, maar daarbij wordt voorbij gegaan aan de werkelijke oorzaak: structuurbederf. Kende vroeger alleen bouwland verdichte lagen in de ondergrond, die remmend werkte op een goede drainage (zgn. ploegzolen), nu kent ook grasland die[149]. En daar helpt geen diepere ontwatering aan, noch diepploegen e.d.; dat laatste leidt alleen tot een extra verdichte laag op grotere diepte. Ook daarover zijn metingen.

In dat licht bezien is het nauwelijks verwonderlijk, dat bij beide onderzoeken naar het effect van ruilverkavelingen alleen een toename in de aankoop van ruw- en krachtvoer werd gevonden. De inkomenspositie bleek niet wezenlijk verbeterd[150]. Waar de belangrijkste baten geacht worden voort te komen uit een betere waterhuishouding en een daling van de genoemde posten, onderstreept dat nog eens, dat elke basis aan de gehanteerde normen ontbreekt: de normen zijn door geloof, niet door onderzoek, ingegeven. Die harde conclusie is overigens al eens eerder getrokken: de technische redengeving voor de ruilverkaveling Havelte bijv., de eerste in Drenthe die in dat opzicht kritisch tegen het licht werd gehouden, bleek een mengeling van geknoei, verdichtsels en zelfs als metingen gepresenteerde schattingen te zijn[151].

Blijken de wensen ten aanzien van de ontwateringsdiepte van cultuurgronden dus vooral door geloof ingegeven, met de afvoernormen is het niet beter gesteld. Tussen beide dient een verband te bestaan: de wens grondwaterstanden niet boven een zeker niveau te laten komen, resulteert in de wens een zekere hoeveelheid water in een zekere tijd te kunnen laten afstromen. Dat bepaalt de dimensionering van en de afstand tussen greppels, sloten, e.d. Uitgangspunt daarbij is een stand, die gemiddeld één maal per jaar voorkomt; dat wordt de "maatgevende afvoer" genoemd. Hoewel in Drenthe al zeer

---

[147] Visser, op. cit., heeft als enige geattendeerd op de opvallende verschillen is uitkomsten tussen Hooghoudts onderzoek en de COLN-uitkomsten. Een bevredigende verklaring wist hij niet te vinden.

[148] Zie o.m. D. Logemann et al. (1981): De grasmat van het Zuiderland. Een discussie over voor en tegen van een polderpeilverlaging in het Westerkwartier. Wetenschapswinkel Biologie RU Groningen. Haren.

[149] Dat is een gevolg van verdichting van de ondergrond door de trillingen van de erop rijdende voertuigen. Dat probleem is minder bij rupstractie, maar niet afwezig. Bij paardentractie ontbrak het wel. Zie L.L. Karafiath & E.A. Nowatzki (1978): Soil mechanics for off-road vehicle engineering. Ser. Rock a. Soil Mech. Vol.2 (1974/77)no. 5. Metingen in Nederlandse gronden zijn o.m. te vinden in A.H.J.C. van Esch (1974): Het bepalen van de bodemdichtheid in verschillende bodemtypen met de penetrograaf. RIN, Leersum.

[150] G. van der Lely (1965): Nacalculatie van het effect van cultuurtechnische werken. Landb.Tijdschr. 77:877-884; G.J.M. Austie & D. Strijker (1979): Sleenerstroom – De ekonomische gevolgen van een ruilverkaveling voor de landbouw. Doct. Verslag RU Groningen; D. Strijker (1982): Sleenerstroom, de economische gevolgen van een ruilverkaveling voor de landbouw. Onderzoekmemorandum nr. 77 Inst. Econ. Ond. RU Groningen. De laatste studie is een verkorte versie van de voorgaande. Beide studies zijn in zoverre opmerkelijk, dat het de enige studies ooit zijn, die op basis van onderzoek aan boekhoudingen zijn verricht. Alle andere studies op dit punt zijn in feite een toepassing van dezelfde voorcalculatietechniek voor en na de ingreep; deze beide studies zijn de enige, waaruit iets te concluderen valt over het waarheidsgehalte van de gehanteerde normen. Daar blijkt het dus slecht mee gesteld te zijn.

[151] Milieuraad Drenthe in samenwerking met de Stichting Milieuwerkgroep Havelte (1980): Havelte verkaveld. Toetssteen voor het ruimtelijk beleid en de inrichting van het nationaal landschap Zuidwest Drente. Assen.

lang afvoeren gemeten worden, berusten de normen nog steeds op schattingen. Al in 1978 werden die schattingen aan een nadere toetsing onderworpen; Streefkerk kwam toen tot gemeten maatgevende afvoeren, die weinig meer dan een kwart waren van de geschatte[152]. Voor Brabant is het ongetwijfeld niet anders. Als gevolg van dit soort omgang met de werkelijkheid is ons land ernstig verdroogd: waar voorheen het streven gericht was op waterconservering, sloeg de balans geheel om naar een zo snel mogelijk afvoeren van het neerslagoverschot. Dat leidt tot vochttekorten in de zomermaanden, die, als het om de landbouw gaat, worden bestreden door beregening uit het grondwater. Waar het streven er aanvankelijk nog op gericht was die tekorten op te heffen door aanvoer van water vanuit de grote rivieren en aldus beregening uit oppervlaktewater mogelijk te maken, nu is die laatste optie vervallen dankzij het optreden van de (aardappelziekte) bruinrot. Dat leidt niet tot een vermindering van de aanvoer, maar tot een groter beroep op het

Figuur 79 Dotterbloem (Caltha palustris) een soort van kwel met dieper grondwater.

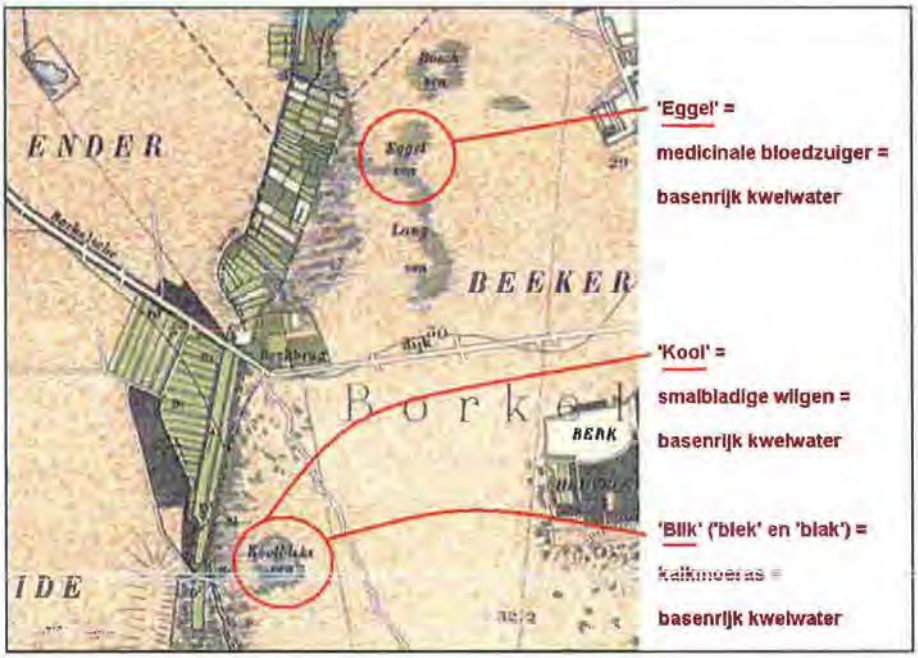
Figuur 80 Waterviolier (Hottonia palustris) een soort van kwel met carbonaatrijk grondwater.

[152] Interne notitie Staatsbosbeheer, gecit. in G.J. Baaijens (1987): Effecten van ontwateringswerken in de ruilverkaveling Ruinerwold-Koekange. RIN-rapport 87/11. Leersum. De meetstuw waaraan Streefkerk zijn gegevens ontleende, wordt beheerd door Rijkswaterstaat. De uitwisseling van gegevens tussen ambtelijke diensten lijkt hier redelijk slecht te zijn: terwijl toetsing van het hydrologische model dat voor deze ruilverkaveling gehanteerd is aan afvoermetingen aan boven- én onderzijde van het plangebied had kunnen plaats vinden, is van geen van beide gebruik gemaakt. Ook andere relevante gebiedsspecifieke gegevens zijn aan de opstellers ontsnapt.

Figuur 81 Veldrus (Juncus acutiflorus) een soort die locale kwel indiceert.	*Figuur 82 Holpijp (Equisetum fluviatile) een soort van kwel met dieper grondwater.*

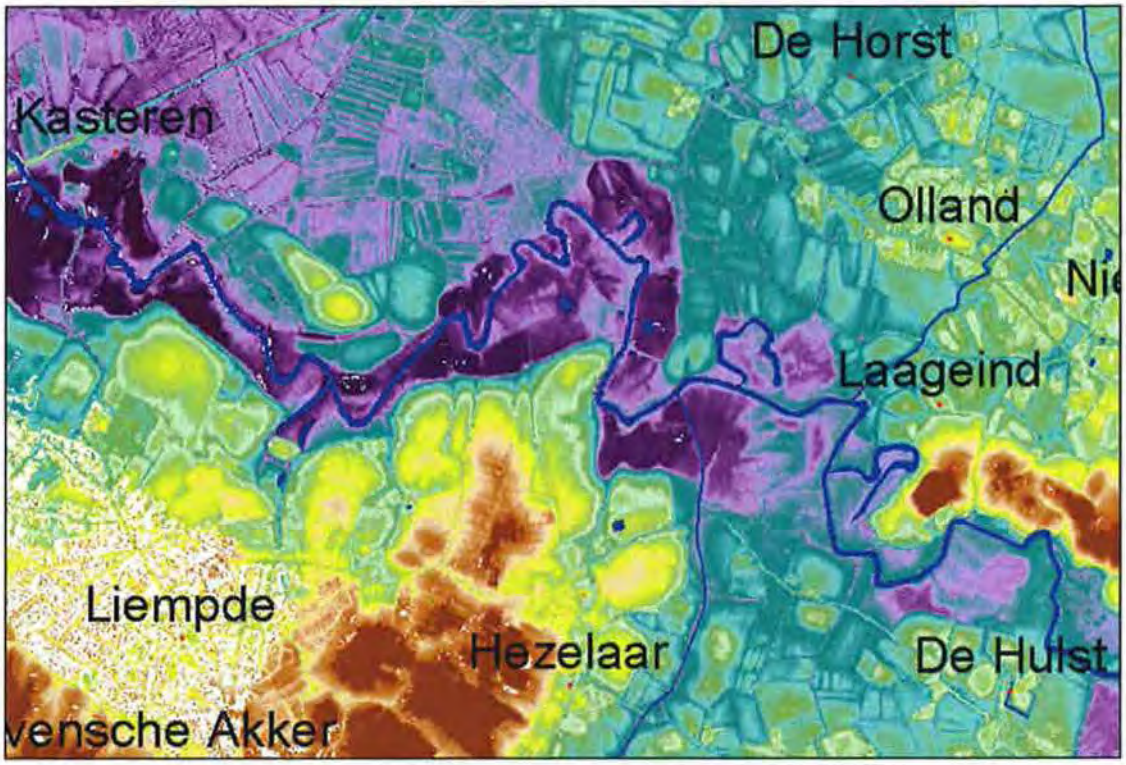
Met name in de huidige beekdalen doet zich het dilemma van een keuze tussen water berging van geëutrofieerd, gebiedsvreemd water en kwelpotenties zich het meest voor. Zowel in deze studie als in de kwelpotentiekaart van het NITG-TNO blijken de lage delen tussen de dekzandruggen, die later voorzien zijn van beeklopen, de meeste kwelpotenties te herbergen. Dat is ook precies de reden waarom die beken daar aanwezig zijn. De Middeleeuwse boeren hadden grote behoefte aan warm, lithoclien water en waren meesters in het zoeken, vinden en benutten ervan.

In het veld zijn kwellocaties te toetsen door te kijken naar plantensoorten die op enigerlei wijze gebonden zijn aan bepaalde soorten kwel. Ook is het mogelijk om roestverschijnselen of bacterievliezen van ijzerbacteriën te karteren. Ook kunnen toponiemen aanwijzingen geven over het voorkomen van kalkrijke kwel (zie Figuur 83).



Figuur 83 Toponiemen die duiden op kalkrijke kwel.

Ondanks het feit dat in de meeste beekdalen grote potentiële en actuele kwel gevonden kan worden, wil dat niet zeggen dat berging van water niet tot de mogelijkheden behoort. Dit voorbeeld geeft aan waarom er kwel optreedt in deze beekdalen, waar dat water haar herkomst heeft en waar zich dus wel en niet actuele en potentiële kwel kan voordoen. Gebieden met de aanduiding 'waterberging' zijn uiteraard het meest geschikt voor het tijdelijk opslaan van gebiedsvreemd water. Een en ander is uitgewerkt in een kleine verkenning voor het Dommeldal bij Liempde:



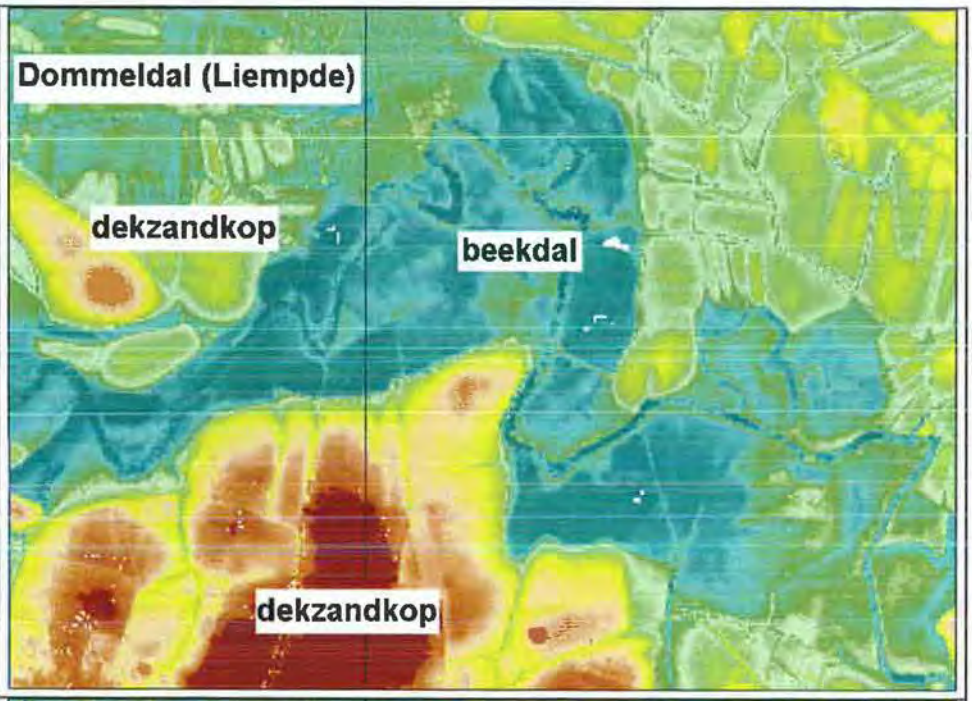
Figuur 84 Studiegebieduitwerking kwel in beekdalen: Dommeldal bij Liempde.

Verkenning: afbeelding 1

Deel van het beekdal van de Dommel ten noordoosten van Liempde.

Duidelijk zijn de verschillende dekzandkoppen aan weerszijden van het beekdal te zien.

(Schaal ca. 1:9000)

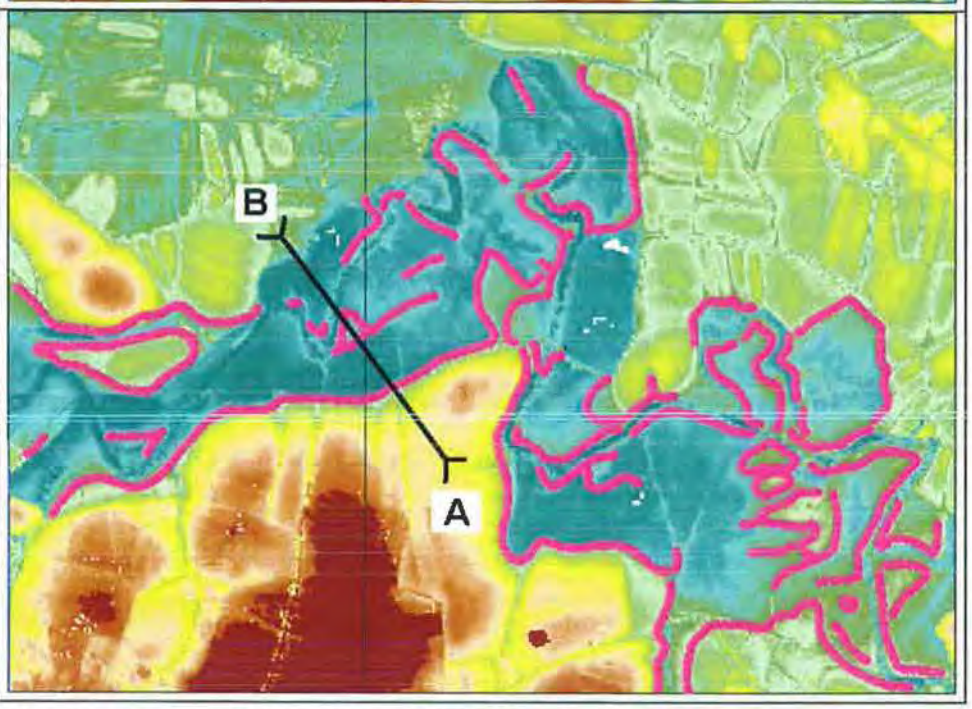


Verkenning: afbeelding 2

Kwelpotenties zijn langs de randen van de dekzandkoppen aangegeven in paars.

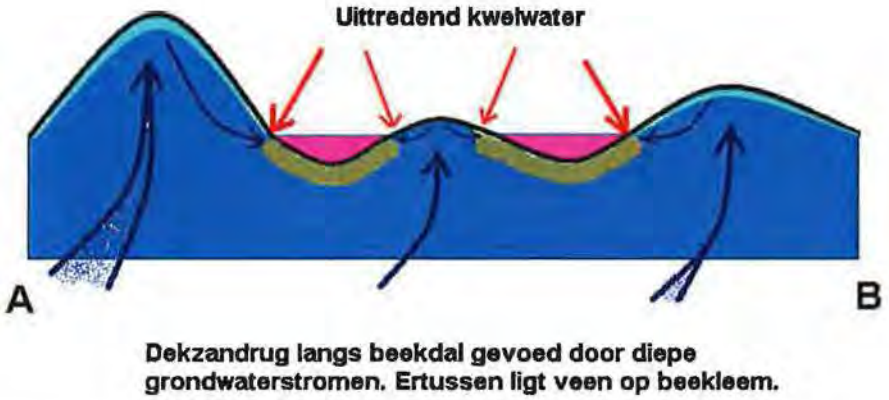
De reden van deze locaties wordt verder uitgewerkt hieronder, langs een transect, vergelijkbaar met de lijn A - B op het kaartje.

(Schaal ca. 1:9000)

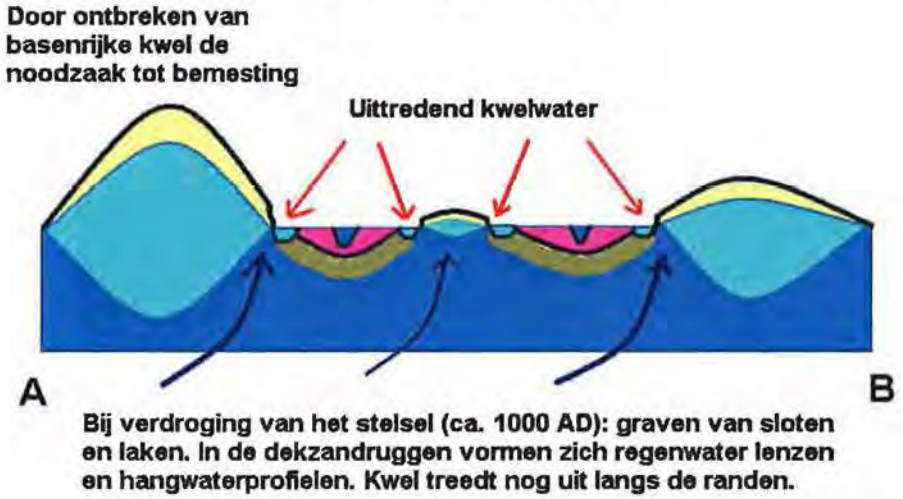


Figuur 85 Studiegebieduitwerking kwel in beekdalen: Dommeldal bij Liempde Afbeelding 1 en 2.

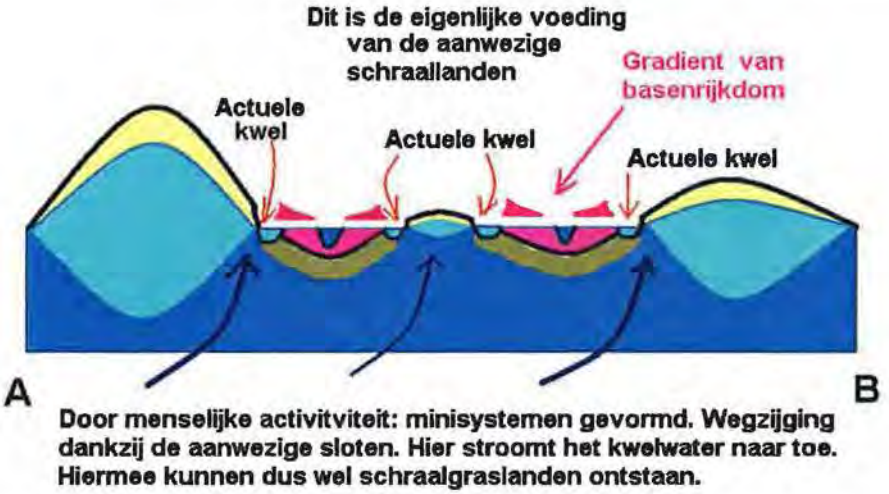
Verkenning: afbeelding 3



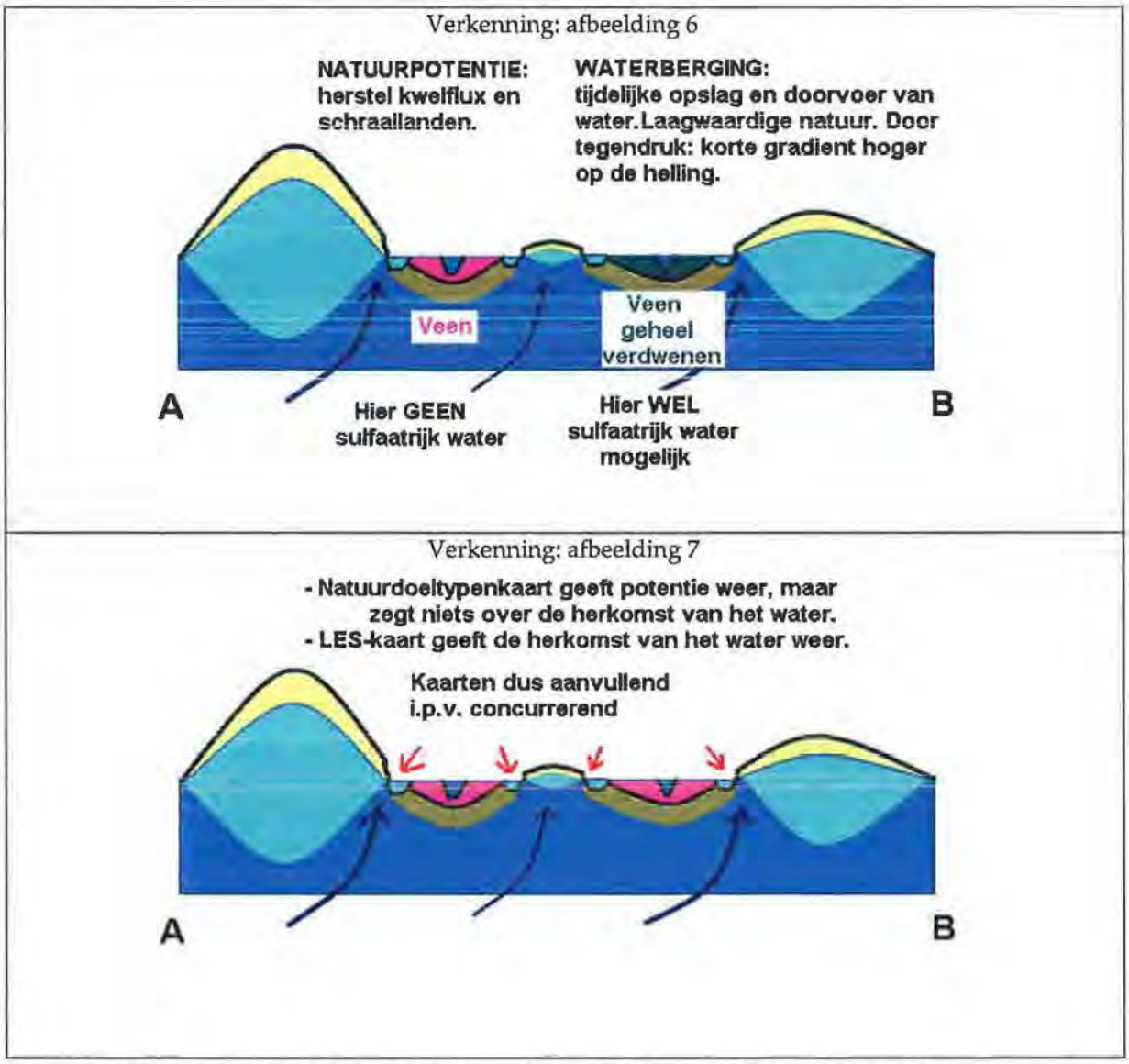
Verkenning: afbeelding 4



Verkenning: afbeelding 5



Figuur 86 Studiegebieduitwerking kwel beekdalen: Dommeldal bij Liempde Afbeelding 3 – 5.



Figuur 87 Studiegebieduitwerking kwel beekdalen: Dommeldal bij Liempde Afbeelding 6 en 7.

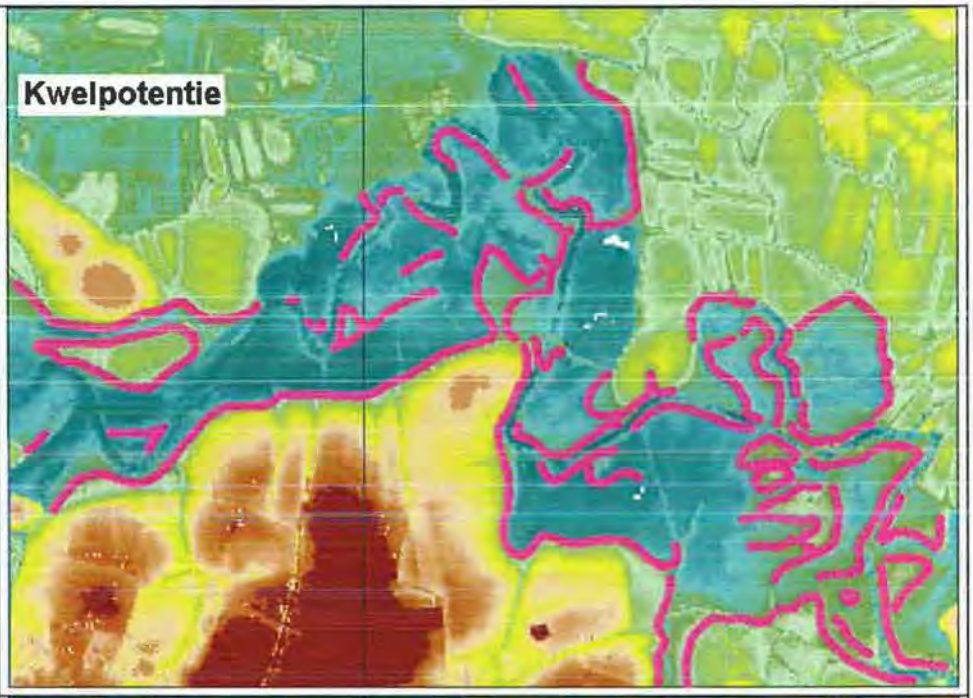
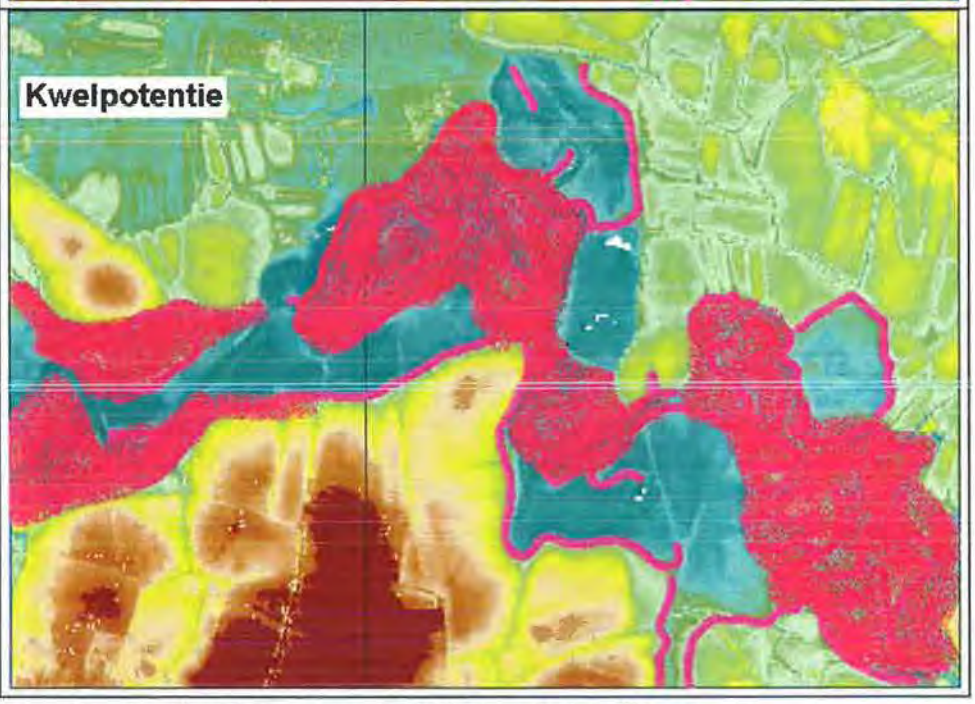
Kwelwater is afkomstig uit voormalige stromingsstelsels die door reliëfinversie nu dekzandruggen zijn geworden. Voor de komst van de mens trad dit water dus vrijelijk uit langs de randen en vanuit de ruggen zelf. Leemlagen in het "beekdal" voorkwamen dat het kwelwater in kon zijgen en in het gehele beekdal ontstonden rijk geschakeerde vegetatiemozaïeken, variërend van sterk kwelafhankelijk tot hoogveen.

Na de grote verdroging rond het jaar 900 - 1000 AD en de latere verdroging door de mens zijn hangwaterprofielen en diepe regenwaterlenzen ontstaan in de dekzandruggen. Deze vernauwen de opening waardoor kalkrijk kwelwater nog het "beekdal" kan bereiken. Door de ontwateringen binnen de "beekdalen" zijn miniwegzijgingssystemen gevormd, naar de waterloop toe. Deze vergroten de kans op verzuring van de graslanden tussen de waterloop en de rand van de dekzandrug.

Deze benadering maakt duidelijk waar de grootste kwelpotenties zich bevinden. Uiteraard moeten deze verwachtingen wel in het veld worden getoetst, b.v. aan de hand van soortkarteringen, veldwaarnemingen van kwelverschijnselen zoals bacteriovliezen en eventueel hydrologische metingen. Als de lijnen worden geaggregeerd tot vlakken zijn dus delen met hogere kwelpotenties onderscheiden van delen waar deze potenties geringer zijn.

Figuur 88 Roestverschijnselen duiden op ijzerrijke kwel. Hier is ijzeroxide neergeslagen op het gras.

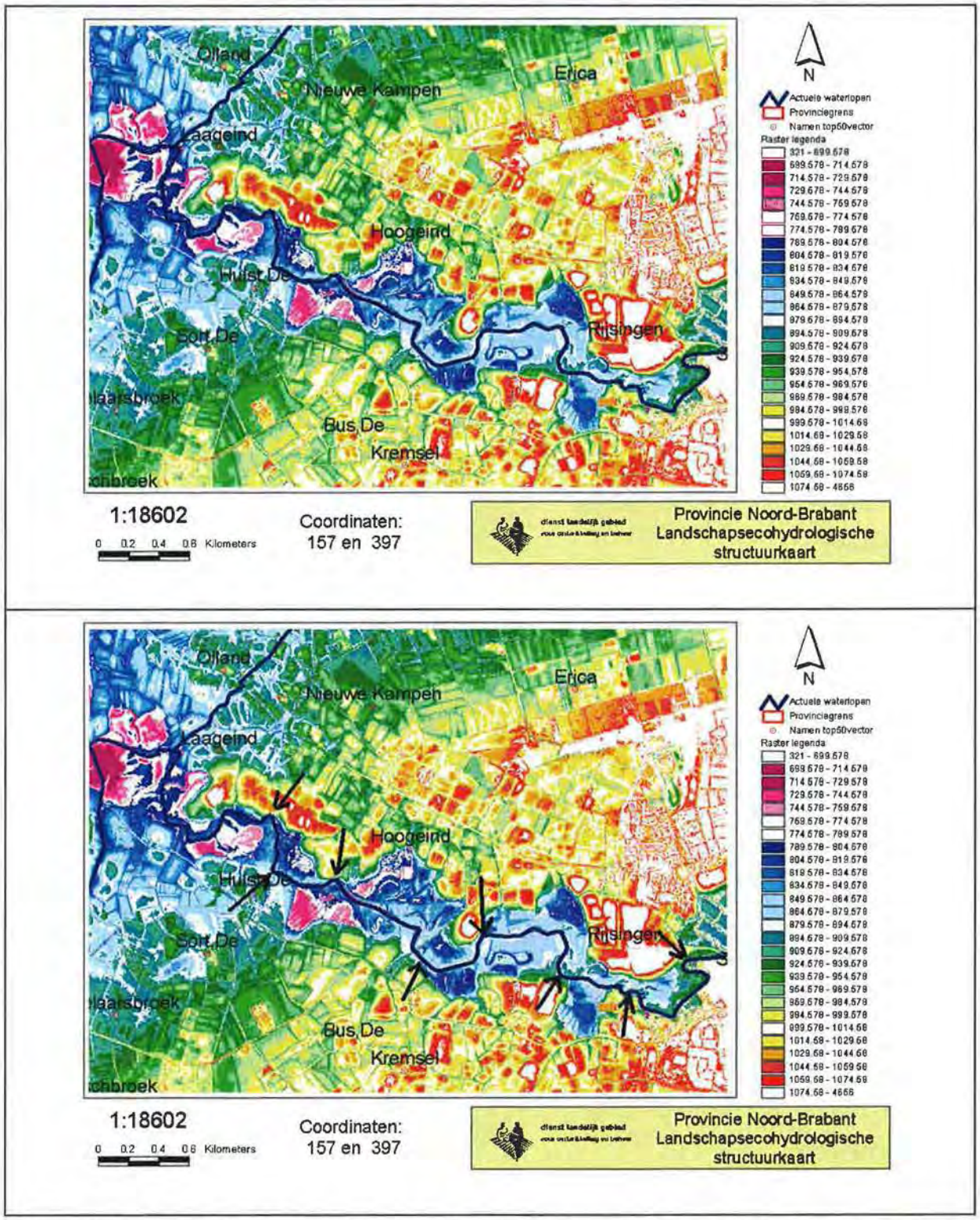
Figuur 89 Bacterievliezen van IJzerbacteriën geven olieachtige laagjes op het water. Bij aanraking breken ze in stukjes, in tegenstelling tot echte olie. Dit is een duidelijke indicatie van kwel.

Verkenning: afbeelding 8 De paarse lijnen geven dus de naden aan waar lithoclien kwelwater tussen de regenwaterlens en de lemige "beekdal" bodem kan uittreden. (Schaal ca. 1:9000)	
Verkenning: afbeelding 9 Op grover niveau zijn de lijnen omgevormd tot vlakken. (Schaal ca. 1:9000)	

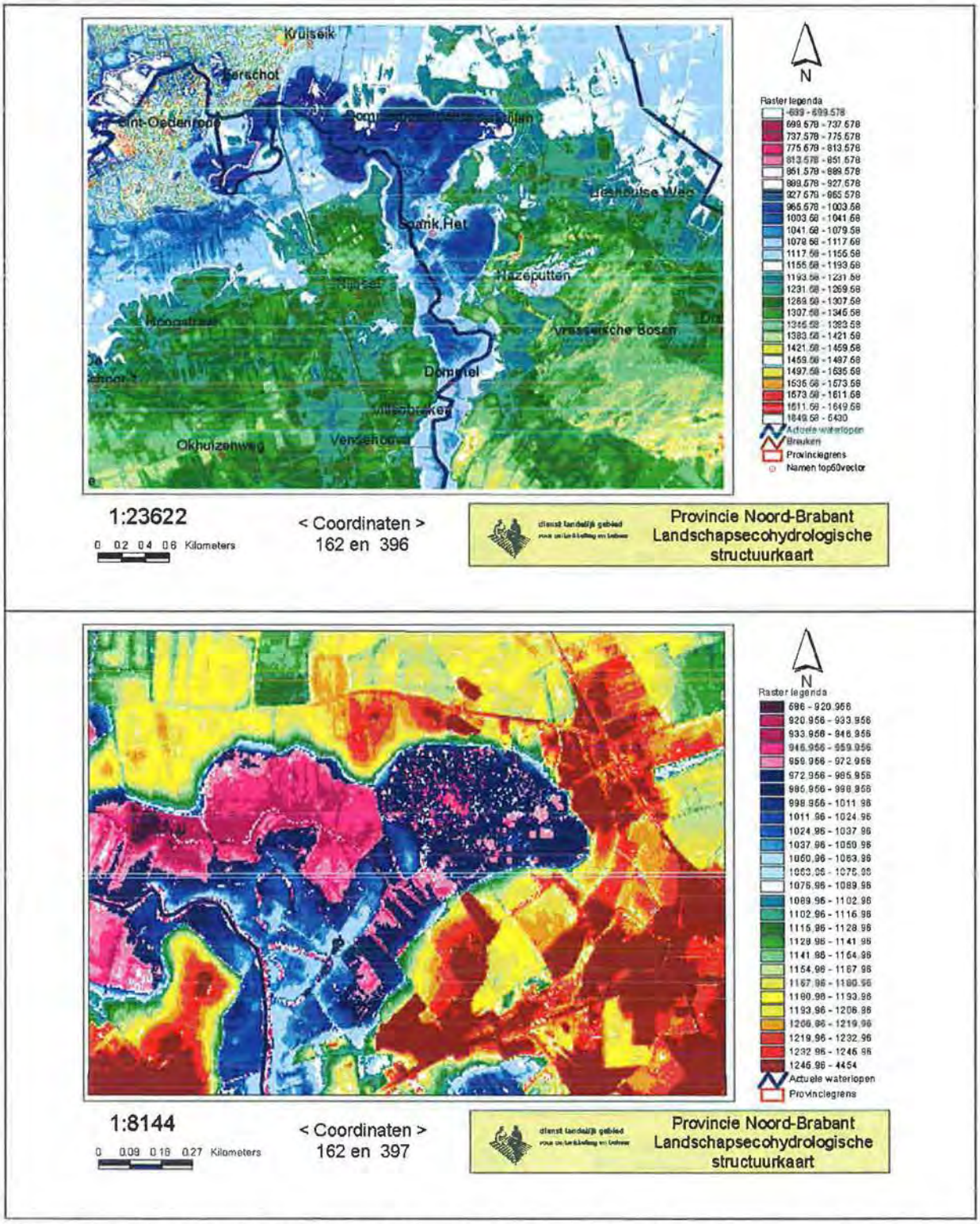
Figuur 90 Studiegebieduitwerking kwel beekdalen: Dommeldal bij Liempde Afbeelding 8 en 9.

Zoals uit afbeelding 7 blijkt, blijft het kwelwater niet beperkt tot de plaatsen waar het uittreedt. Ook op andere plaatsen kan zich dit water verzamelen en daar aanleiding geven tot bijzondere natuurdoeltypen. Als plekken in een beekdal een lage kwelpotentie hebben, wil dat dus niet zeggen dat zich daar geen hoge natuurpotenties zullen/kunnen bevinden!

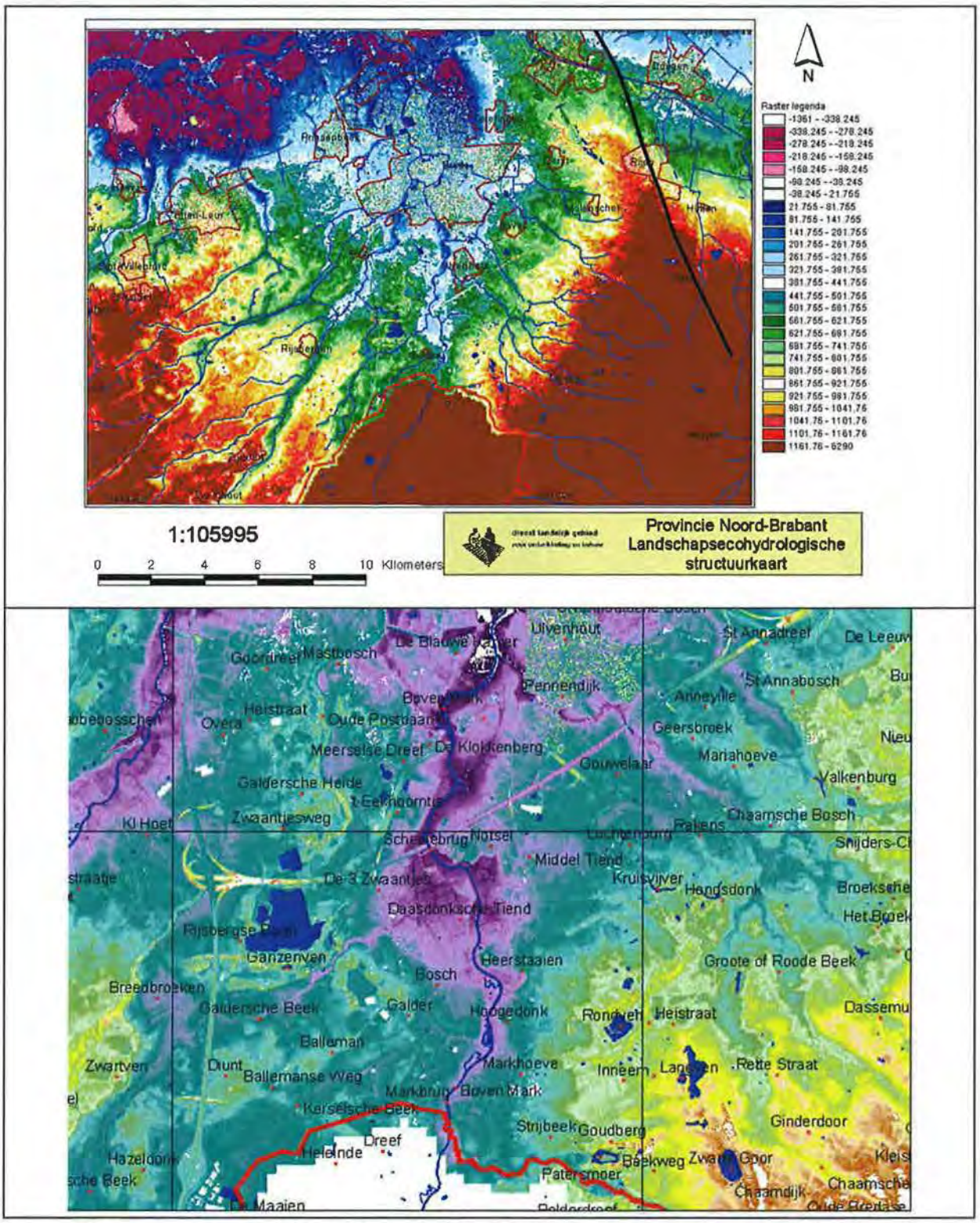
Vanuit het oogpunt van de noodzaak voor waterberging gezien, ligt het echter meer voor de hand deze locaties te benutten voor gebiedsvreemd voedselrijk water, dan de plaatsen met hoge kwelpotentie. Berging van water kan op deze wijze helpen de kwel te concentreren op de randen van de dekzandruggen, waardoor interessante gradiënten kunnen ontstaan.



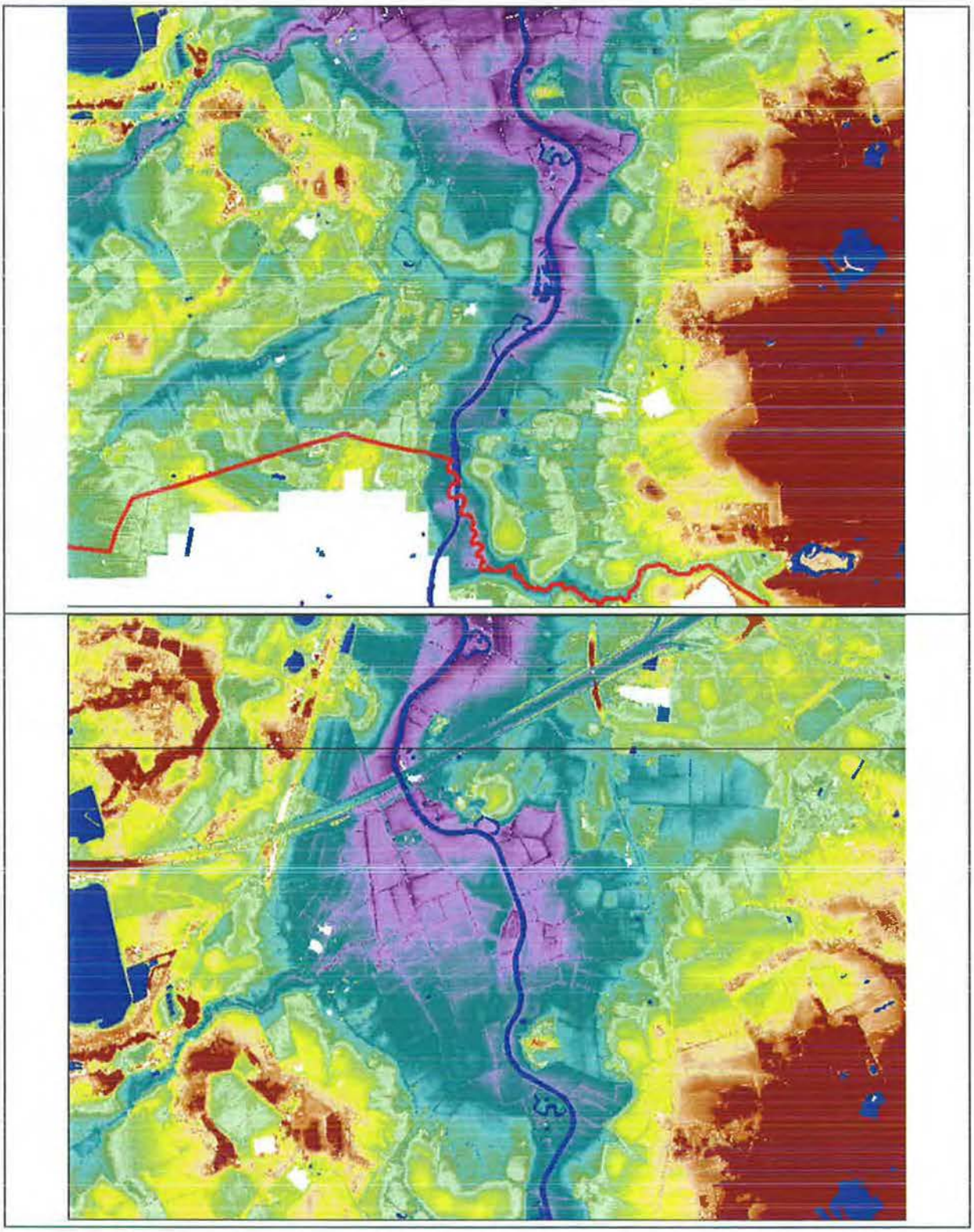
Figuur 91 De Dommel ter hoogte van Liempde. De pijlen in de onderste figuur duiden de punten aan waar kalkrijk kwelwater werd afgetapt.



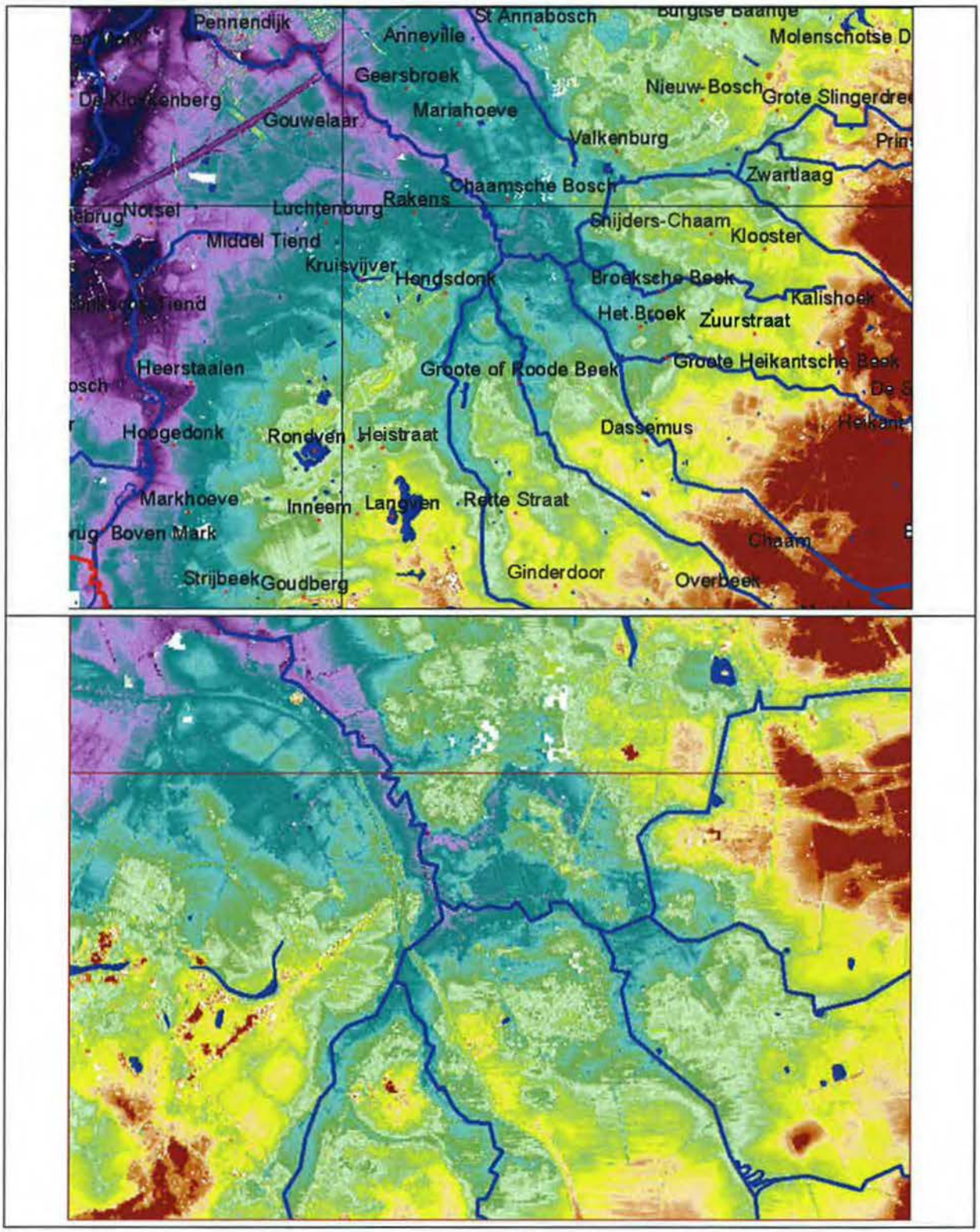
Figuur 92 De Moerkuilen bij St. Oedenrode. Hier botste de Dommel tegen het kwelsysteem van Veghel en werd naar het noordwesten gedwongen. Afhankelijk van de locatie t.o.v. het dekzandreliëf kwamen er basenrijke zegge en blauwgraslandvegetaties tot ontwikkeling, dan wel hoogveen. Dit is later uitgeveend.



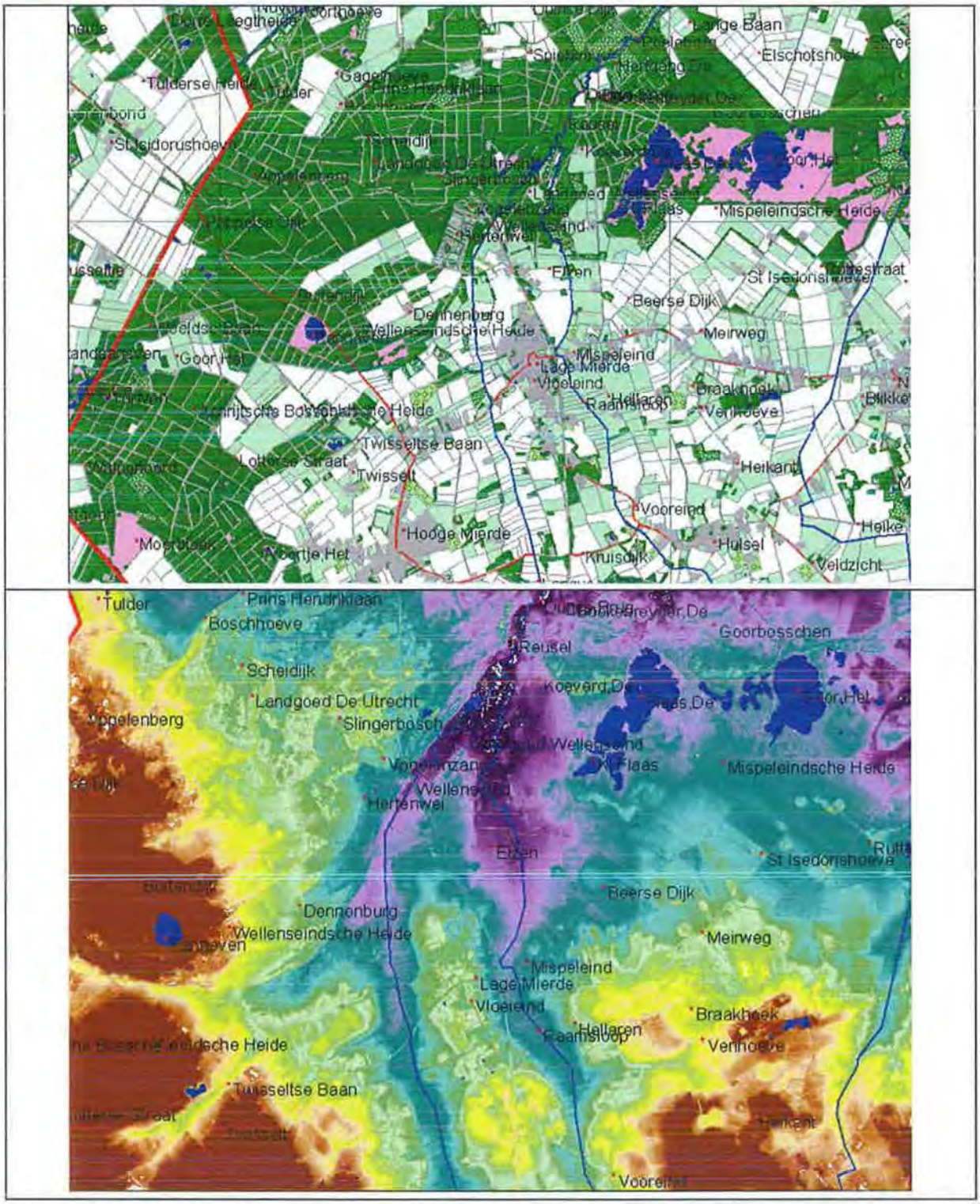
Figuur 93 Het systeem van de Mark onder Breda. Vanuit het zuidwesten komen lange smalle beekdalen van b.v. de Weerijs aan op het Markdal. Vanuit het zuidoosten het stelsel van de Chaamse beken.



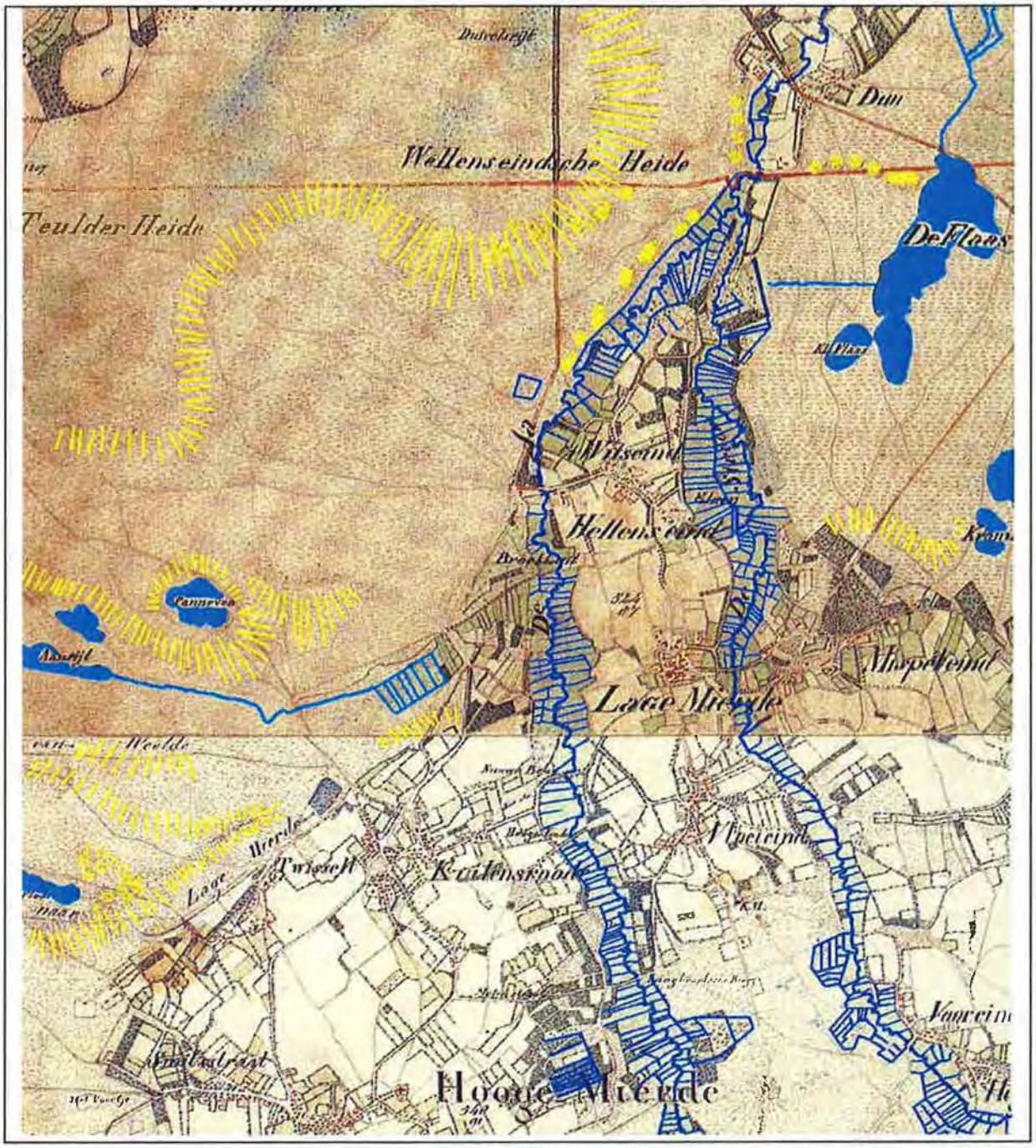
Figuur 94 Dekzandkoppen en –ruggen binnen het Markdal geven op verschillende plaatsen aanrijking met kalkrijke kwel.



Figuur 95 Het stelsel van de Chaamse beken. Op de onderste afbeelding is duidelijk te zien hoe de beek de wanden van elk "beekdal" volgt en van kwelkop naar kwelkop gaat.



Figuur 96 De Reusel (links) en de Raamse Loop (rechts) verenigen zich bij Wellenseind (een indicatie voor kwel!) tot de Reusel. Ook het toponiem Vloeieind is veelzeggend: in het gebied bevinden zich uitgebreide bevloeiingsstelsels.



Figuur 97 Bevloeiingsstelsels zoals weergegeven op de Militair Topografische Kaart (1837-1859) langs de Reusel en de Raamse Loop.

6.10 Fossiele beekstelsels

VORM

We zagen, dat op grote schaal sprake is geweest van omkering van het reliëf. Als gevolg daarvan zijn natuurlijke bekenstelsels, in de zin van spontaan ontwikkelde afwateringssystemen, buitengewoon schaars, zoniet ontbrekend. Eigenlijk kennen we dergelijke stelsels alleen in fossiele vorm. Ze zijn dan gewoonlijk het resultaat van een tamelijk abrupt afsterven en afdekking met leem. Zeer mooie voorbeelden daarvan kennen we uit Oost-Groningen en Z.W.-Drenthe. Wijd meanderende laagten, ter breedte van de Maas bij Maastricht, zijn min of meer losjes verbonden met de Ruiten A resp. Wold Aa en Koekanger Aa. Plaatselijk is in een enkel geval sprake van afsnoeringen met dekzand; het is mooi te zien op de luchtfoto in Figuur 71.

Min of meer losjes, want voorzover de beken al in deze laagten liggen, liggen ze langs de hoge flanken en zijn de grootste meanders afgesneden. Daarmee doen de grote systemen zich kennen als afgestorven stelsels, de erin liggende beken als kunstmatig en bedoeld om de tussen- en naastgelegen laagten te bevloeien. Voor Westerwolde is die ook gedocumenteerd; elke buurtschap beschikte hier over een "knipe", een voorziening, waarmee de beek kon worden "geknepen" en het beekwater dus kon worden opgestuwd. [153]

In Brabant vonden we binnen het "hoefijzer" van Tilburg twee fossiele bekenstelsels, die afgesneden worden door de noordelijke arm daarvan, het gebied waarop de Loonsche en Drunense Duinen zijn gelegen. De Brand is een wel heel mooi voorbeeld; het voorkomen van leem in de ondergrond is hier bij de bodemkartering vastgesteld . Ook in en rond De Brand is ongetwijfeld bevloeid; we vinden hier driehoekige percelen[154] en de boerderijnaam De Knijperij is veelzeggend. De turfputten zijn overigens een ander teken van de cyclus in het grondgebruik: turfbereiding en boekweitcultuur ging vaak vooraf aan bevloeiing: op de daardoor egaal gemaakte ondergrond werd vervolgens bevloeid en als de ontwateringsmogelijkheden beperkt waren en het veenpakket dik werd tenslotte baggerturf bereid.

Is bij deze stelsels sprake van meandering, zuidelijk van het oostelijke deel van de Centrale dekzandrug vinden we een fossiel vlechtend stelsel. De naam van de belangrijkste plaats hier, Beek en Donk, drukt dat verbrokkelde karakter mooi uit Ook hier is, blijkens de bodemkaart, sprake van afdekking met klei en leem.

Hoewel, strikt genomen, geen fossiel bekenlandschap, willen we in dit verband toch ook noemen het Weichselien-kleilandschap van het noordoosten van de provincie. Delen ervan zijn als meanderende, andere als vlechtende stelsels ontwikkeld[155].

GENESE

In het algemeen is dit type terreinvormen ontstaan door isolatie als gevolg van verdroging. Bij de stelsels langs de rivieren - en daar kan men gemakshalve ook de meanderende stelsel in het hoefijzer van Tilburg toe rekenen - lijken verleggingen van de hoofdstroom een rol te hebben gespeeld. De oude kleilandschappen in het noordoosten hangen samen met de verlegging van de Rijn tijdens de voorlaatste IJstijd: de hoofdstroom lag voor de ijskappen, die door de stuwwallen van Nijmegen en Kleve begrensd werden. Na het afsmelten van de ijskappen zocht de Rijn weer het oude dal op, aanvankelijk noordelijk om Montferland heen, later, nadat zijdelingse erosie voor een doorbraak tussen Montferland en Nijmegen had gezorgd, min of meer op de huidige plaats.

---

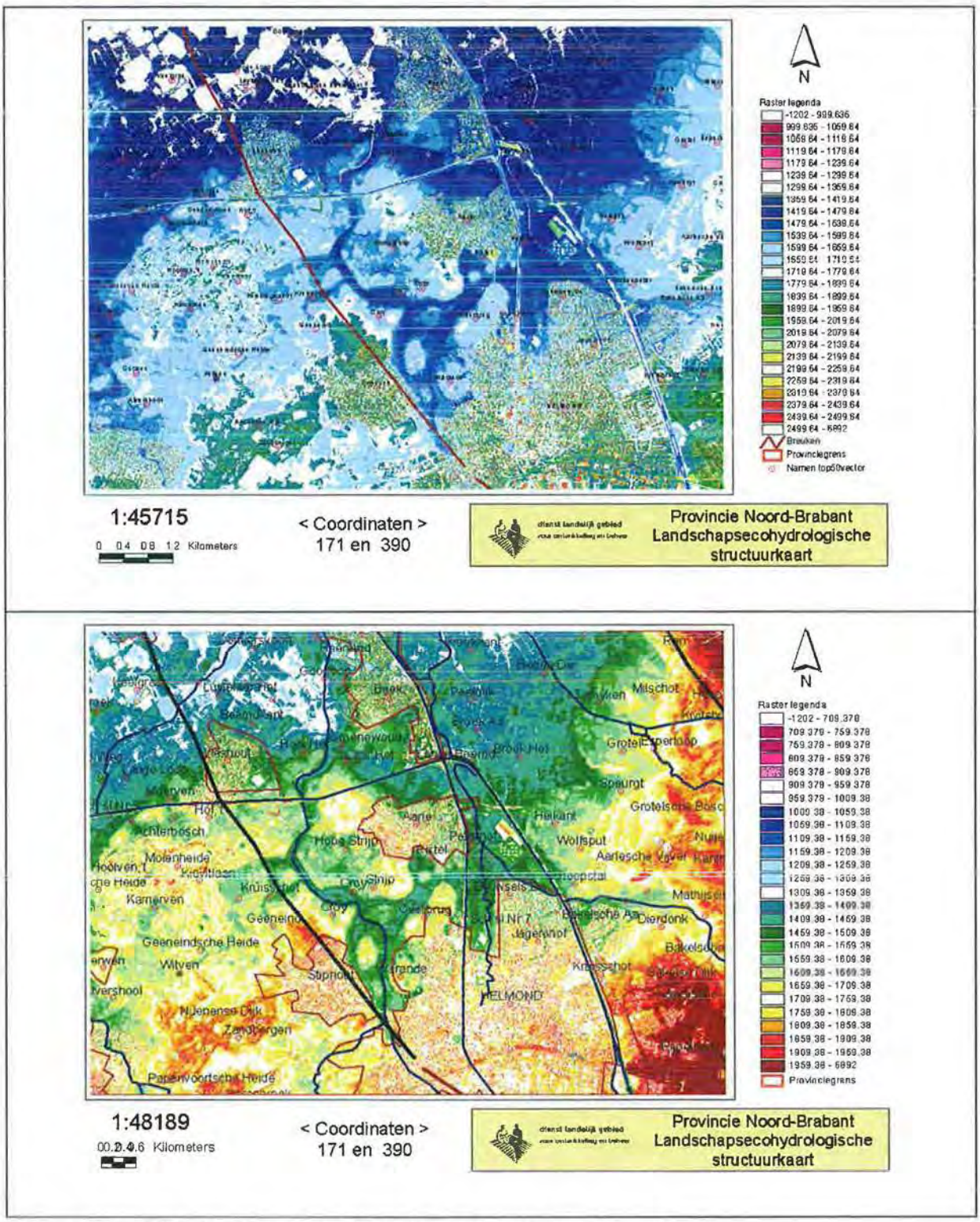
[153] J.E.Muntinga(1945):Het landschap Westerwolde. Diss.I.H Wageningen. Groningen/Batavia.

[154] Op dit kenmerk werden we geattendeerd door N.Zuurdeeg te Oosterbeek, mede-herontdekker van bevloeiingsstelsels in Nederland. De vorm vloeit voort uit de wens water over een breed front over het land te leiden. Men kan vermoeden, dat bij driehoekige percelen behalve bescherming tegen vorst ook toediening van nutriënten, in de vorm van slib of humus, een rol speelde. Als dat het geval was, bezonk het meeste materiaal direct in de zone naast de toevoergreppel. Om de rest van het perceel dan toch nog wat te laten profiteren, werd de afvoerweg versmald. Engelse bronnen spreken van water, dat stapvoets op het perceel moest worden gebracht en er in galop weer af.

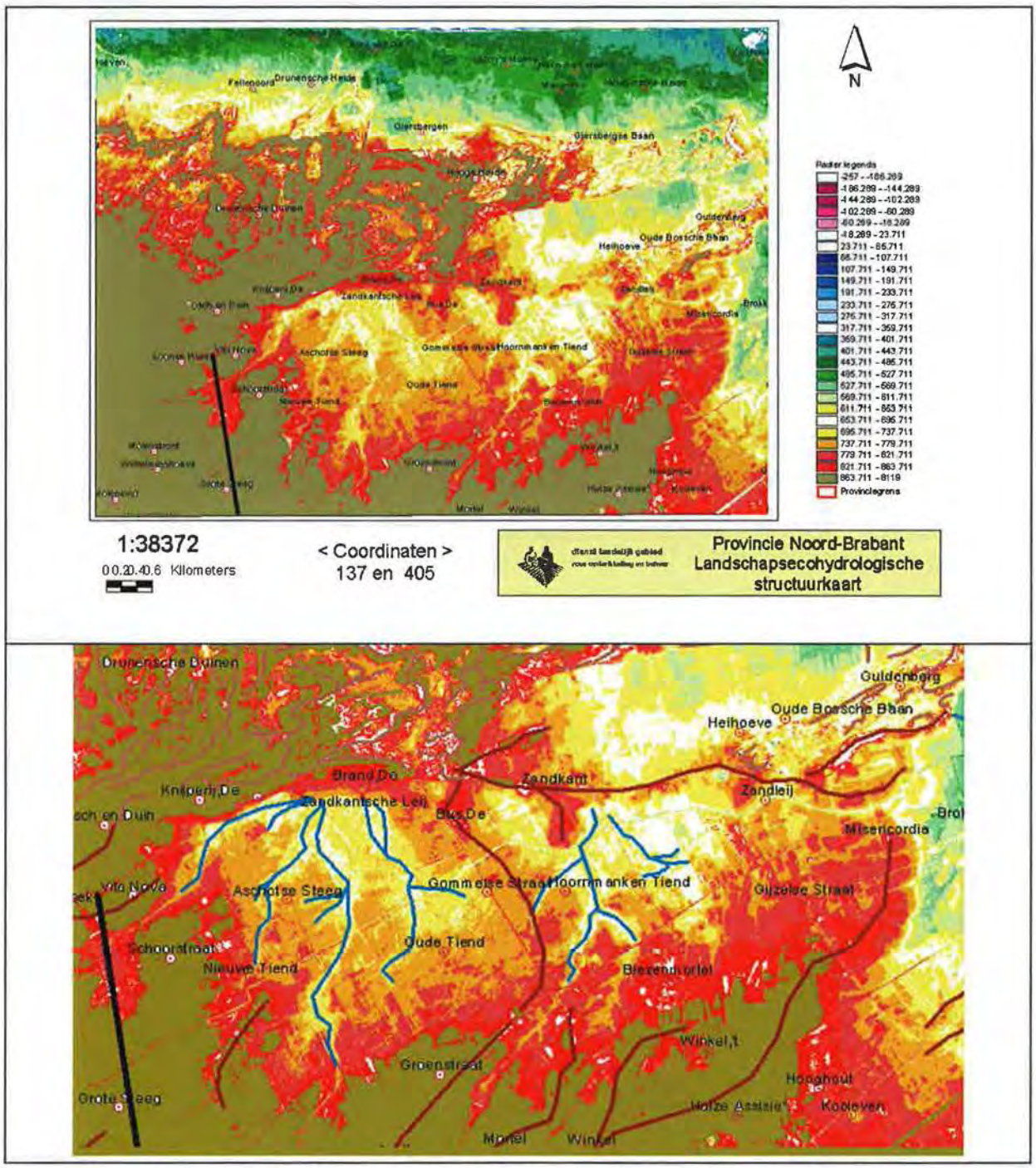
[155] Zeer mooi in D. van Diepen (1952): De bodemgesteldheid van de Maaskant. VLO 58.9. Den Haag.

FUNCTIONEREN

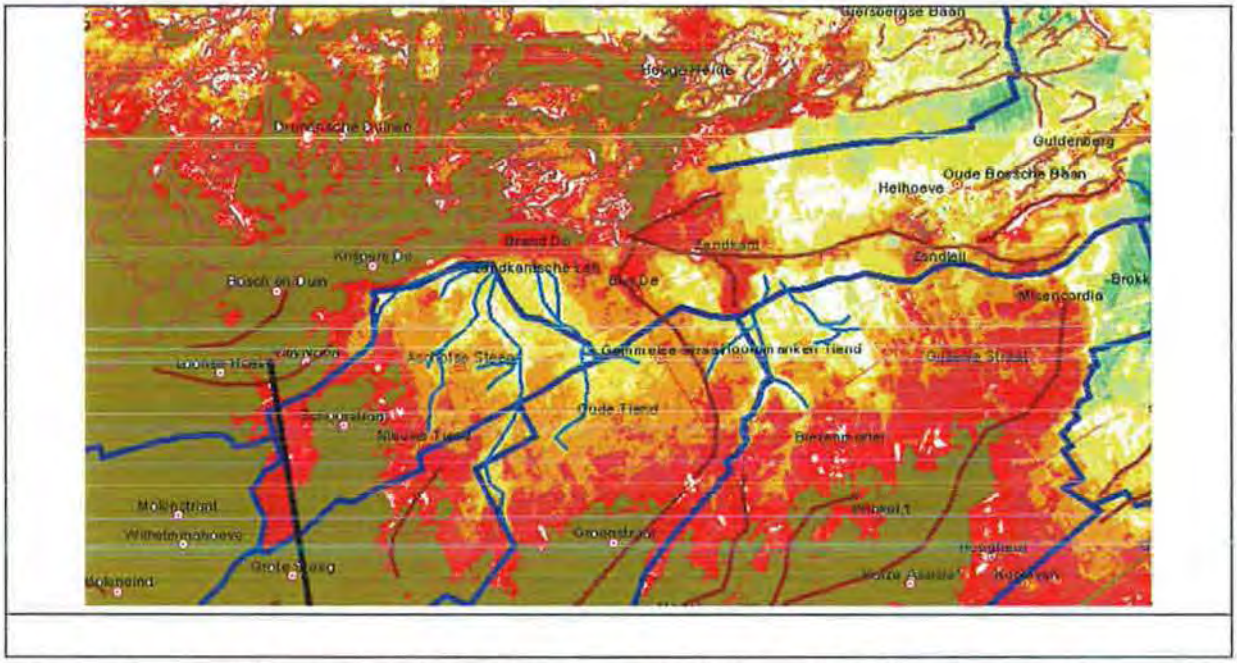
Door de afdichting met fijn materiaal werd bij latere grondwaterstandstijging kwel geconcentreerd in de inliggende of omringende zandige hoogten. In de laagten zelf vond veenvorming plaats; dat werd, zoals we zagen, de basis voor de landbouwkundige exploitatie. In een enkel geval zal hoogveen gevormd kunnen zijn; in dat geval ging turfwinning en/of boekweitteelt vaak aan de omvorming tot grasland vooraf.



Figuur 98 Fossiele beekstelsels uit het Weichselien ten noorden van Helmond.



Figuur 99 Fossiele beekstelsels uit het Weichselien in het hart van De Leijen bij De Brand en Het Brokkenbroek.



Figuur 100 De fossiele beekstelsels in De Leijen staan bijna haaks op de huidige, door de mens aangelegde waterlopen.

6.11 Huidige riviersystemen

VORM

Ecologisch bezien is van belang het onderscheid tussen oeverwallen, gewoonlijk verenigd tot meandergordels[156], en komgronden; resp. grovere en fijnere afzettingen. Veel van de klei- en zavelgronden zijn in Brabant afgezet in een (zoetwater-)getijdenmilieu, wat inhoudt, dat meandergordels vaak eb- en vloedscharen vertonen. Speciale vormingen zijn de zgn. overslaggronden, resultaat van dijkdoorbraken en te beschouwen als een vorm van crevasse-afzettingen. Ze liggen achter wielen.

Hier en daar liggen oudere Pleistocene afzettingen dicht onder of juist boven het huidige maaiveld. Fameus zijn in dat opzicht de in het Waardengebied door Vink uitgebreid onderzochte donken. Die moeten als de toppen van complexen oude rivierduinen worden beschouwd. Hoewel contact met de diepere ondergrond door de meeste onderzoekers wordt uitgesloten (aan de onderzijde zijn ze gewoonlijk begrensd door een leemlaagje) is die stelligheid vermoedelijk niet terecht - Vink spoorde ze op door op kwelverschijnselen te letten en de verhouding komgronden-oeverwallen is gewoonlijk zodanig, dat de kans in de ondergrond op oeverwallen te stuiten aanmerkelijk geringer is dan die op komgronden. In het Land van Heusden en Altena, deel van de vroegere Grote of Hollandse Waard komen ook enkele van die donken voor[157].

Een tot dusverre onopgemerkt verschijnsel hier is een reusachtige kwelkrater westelijk van Wijk en Aalburg, afgedekt met hooggelegen komkleien, die blijkens Sonnevelds kartering[158] ondanks zijn hoogteligging ongerijpt bleven[159]. Deze kwelkrater is net als zijn kleine naamgevers op de bodem van beekjes, in staat om door de grote druk achter de kwel, weerstand te bieden tegen de lagere energie van de beek of rivier. Deze natte kwelsystemen zijn dus in staat erosie door water tot op zekere hoogte te weerstaan.

GENESE

Beziet men het rivierengebied als geheel, dan valt op, dat gaande van oost naar west een verschuiving plaats vindt van (vooral) minerale gronden naar veengronden: het tekort aan sediment werd door veen opgevuld. In dezelfde volgorde neemt ook de gemiddelde korrelgrootte van de minerale afzettingen af. Van een vast punt is intussen nooit sprake geweest; in de loop van de geschiedenis verschoof het omslagpunt tussen, wat Vink noemde, sedimentatie en accumulatie (resp. minerale gronden en veengronden) verschillende malen, in ruimte en tijd. De verschillende afzettingen kunnen daarom ook boven elkaar voorkomen. Ook de terrassenkruising (het punt waar de grens tussen overwegend erosie en overwegend sedimentatie) verplaatste zich in de loop van de tijd en wel in oostelijke richting[160]. Een aanzienlijke vertraging in dat proces vond plaats door een uitloper van de Peelhorst. Pas toen die opgeruimd was kon dat punt weer verder hellingopwaarts verschuiven. Die erosie maakt, dat bij de interpretatie van de dekzandruggen op en rond de Peelhorst in het grensgebied met de grote rivieren de richting van de dekzandruggen niet zonder meer als maatstaf voor de stromingsrichting van het grondwater kan worden gehanteerd: een deel van de ruggen is hier afgekalfd.

---

[156] Zie voor een buitengewoon fraai overzicht H.J.A.Berendsen & E. Stouthamer (2001): Palaeographic development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands. Assen.

Berendsen & Stouthamer, op.cit.

[157] Zie Berendsen & Stouthamer, op.cit.

[158] Op.cit.

[159] Berendsen & Stouthamer, op.cit. achtten de structuur onderdeel van een stroomgordel, maar blijkens de AHN betreft het een min of meer geïsoleerde structuur, die de Maas dwong tot noordelijk (de Alm) resp. zuidelijk ervan (het Oude Maasje) gelegen lopen.

[160] Zie Berendsen & Stouthamer, op.cit.

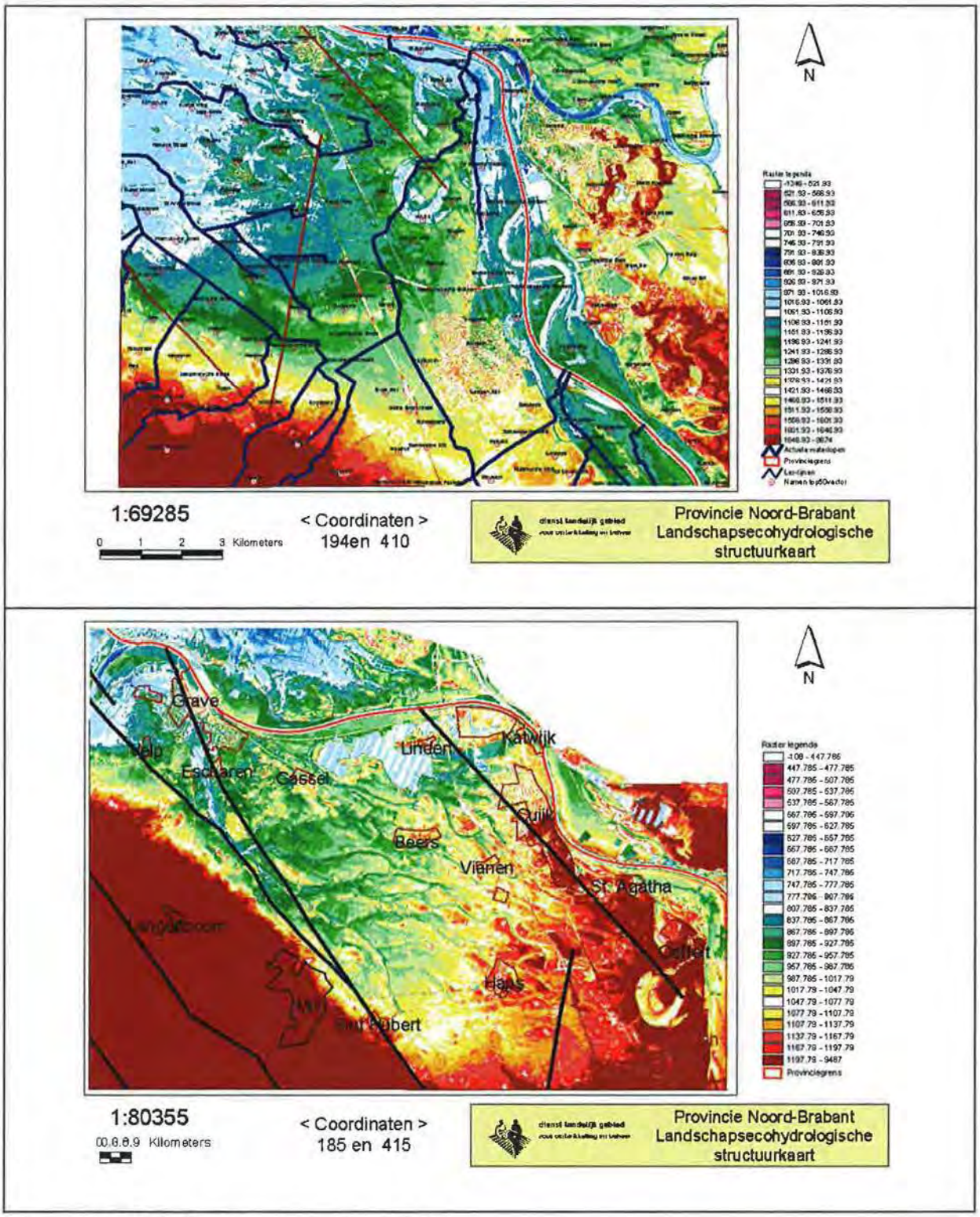
FUNCTIONEREN

Oeverwallen en overslaggronden zijn relatief goed doorlatend en fungeren als preferente plaatsen voor grondwaterstroming; kwelsoorten komen daarom vaak langs de randen daarvan voor. Soms zijn in de oeverwallen restgeulen aanwezig; grootste voorbeeld daarvan is de Alm; langste het Oude Maasje. Oeverwallen in de ondergrond zijn gewoonlijk aan de bovenzijde met klei afgedekt en lekken dus, zoals Vink al in het eerste kwart van de vorige eeuw opmerkte, altijd langs de flanken. Waar goed doorlatende oeverwallen dijken raken of kruisen, is het risico van dijkdoorbraken groot; die plekken worden dan ook gewoonlijk door, soms zeer diepe, wielen gekenmerkt. In dat verschijnsel schuilt overigens de verklaring voor de massieve kleidijken die men vroeger opwierp: zand in het dijklichaam zelf zou aantasting alleen maar bevorderen[161].

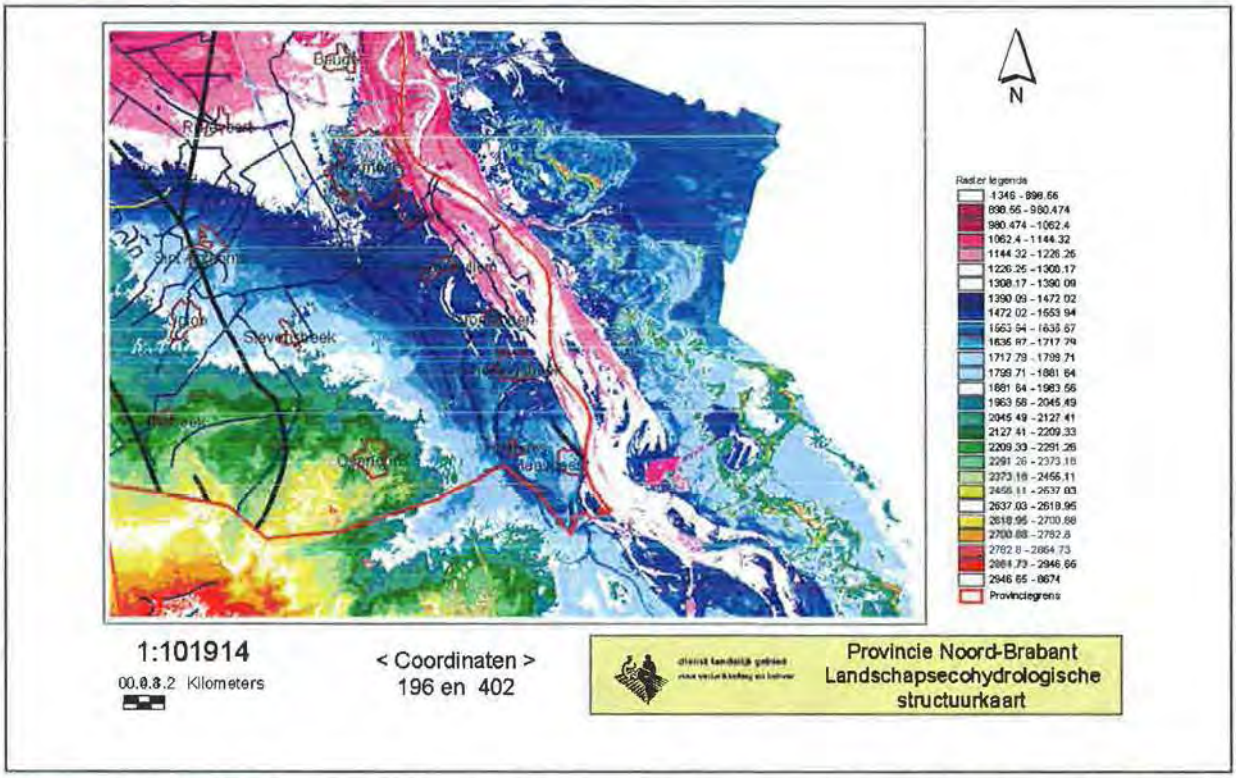
De verplaatsing van de terrassenkruising is, voor wat Brabant betreft, niet alleen van belang voor het rivierengebied zelf, maar ook voor de Pleistocene randgebieden - erosie kon plaats maken voor sedimentatie en/of accumulatie; wegzijging voor kwel. Zonder dat verschijnsel zou veenvorming ten noorden van de Middenbrabantrug vermoedelijk een zeer lokaal verschijnsel zijn geweest; zonder dat zou ook de noordelijke arm van het hoefijzer van Tilburg niet tot praktisch Vught aan toe zijn verlengd.

Voorts werden door de getijdenwerking afvoerstelsels verruimd of wellicht zelfs geschapen, ook op het zand, terwijl, anderzijds, buiten de stromingsstelsels sediment werd afgezet. De plaatsen waar zich daardoor kwel vanuit de hogere gronden kon manifesteren werden daardoor in aantal en oppervlakte beperkt en in de overgangszones tussen zand en klei geconcentreerd. Dat verschijnsel, van concentratie, ligt overigens ook ten grondslag aan Van Leeuwens gradiënten theorieën - een op een hecht bouwwerk van waarnemingen stoelend gedachtengoed.

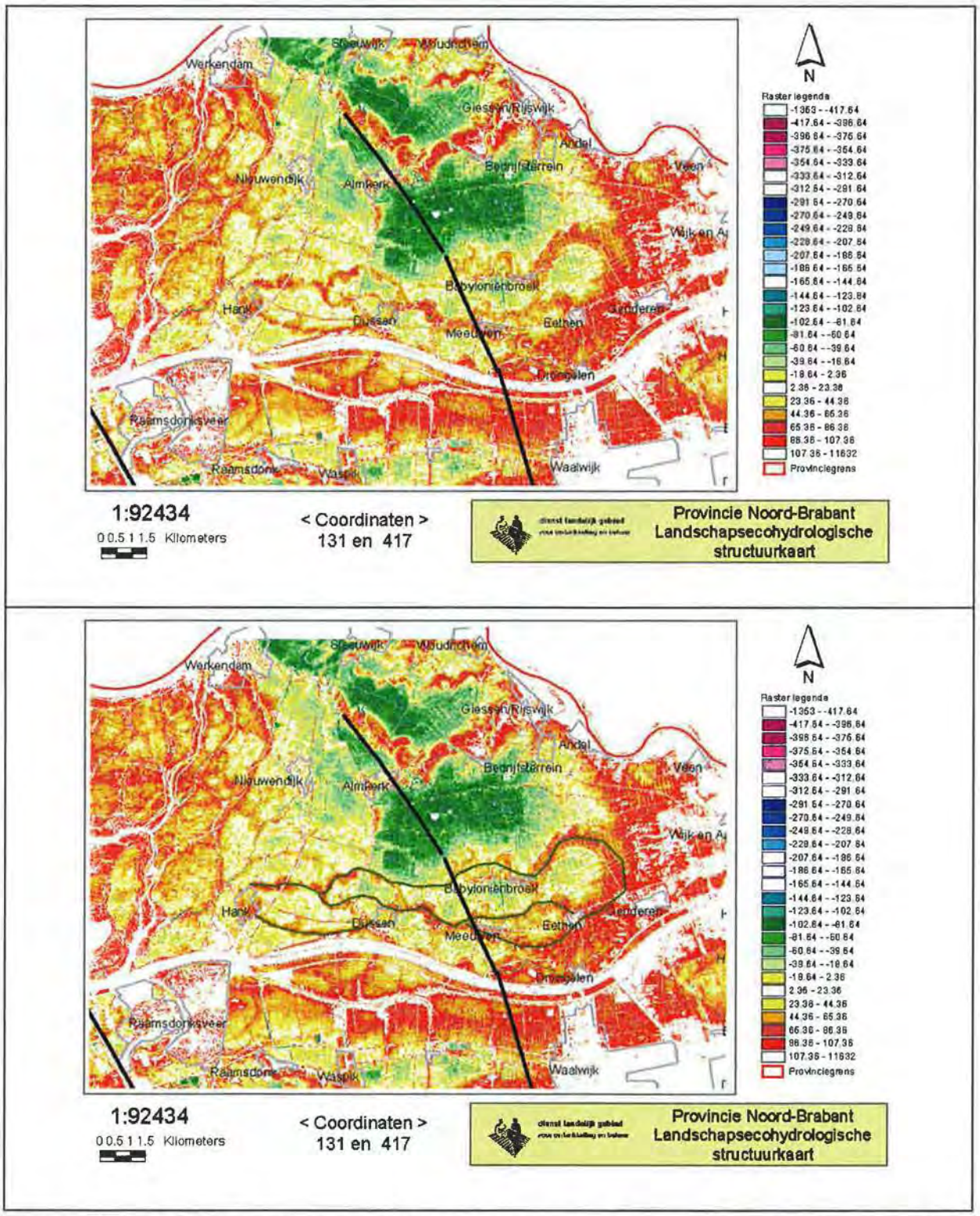
[161] De taluds waren daarbij betrekkelijk steil, om de oppervlakkige afvoer te bevorderen en doorweking te voorkomen. Meidoornhagen en bomen droegen er toe bij, dat het dijklichaamhecht doorworteld en bijeen gehouden werd.



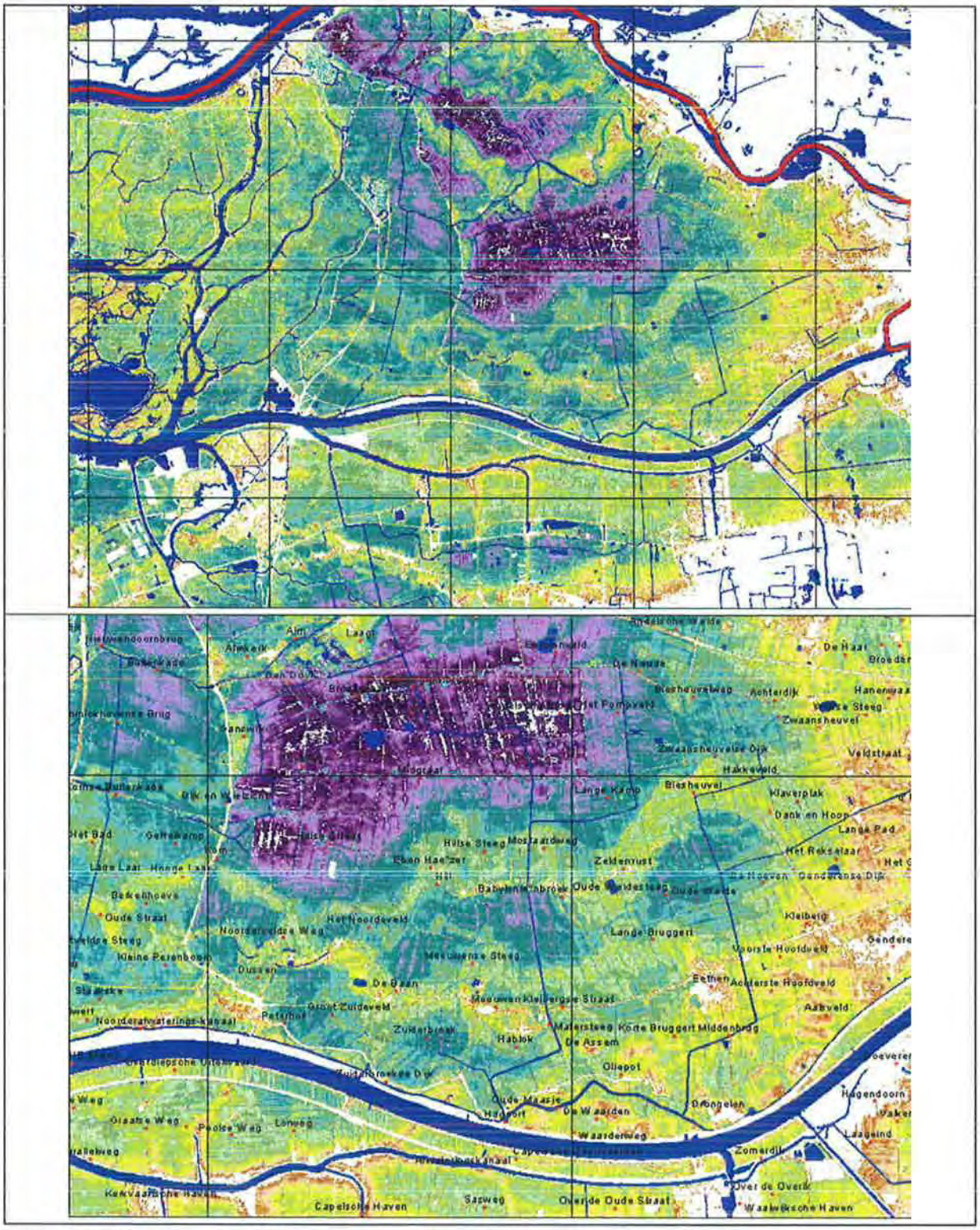
Figuur 101 Weichselien stroomruggen langs de Maas.



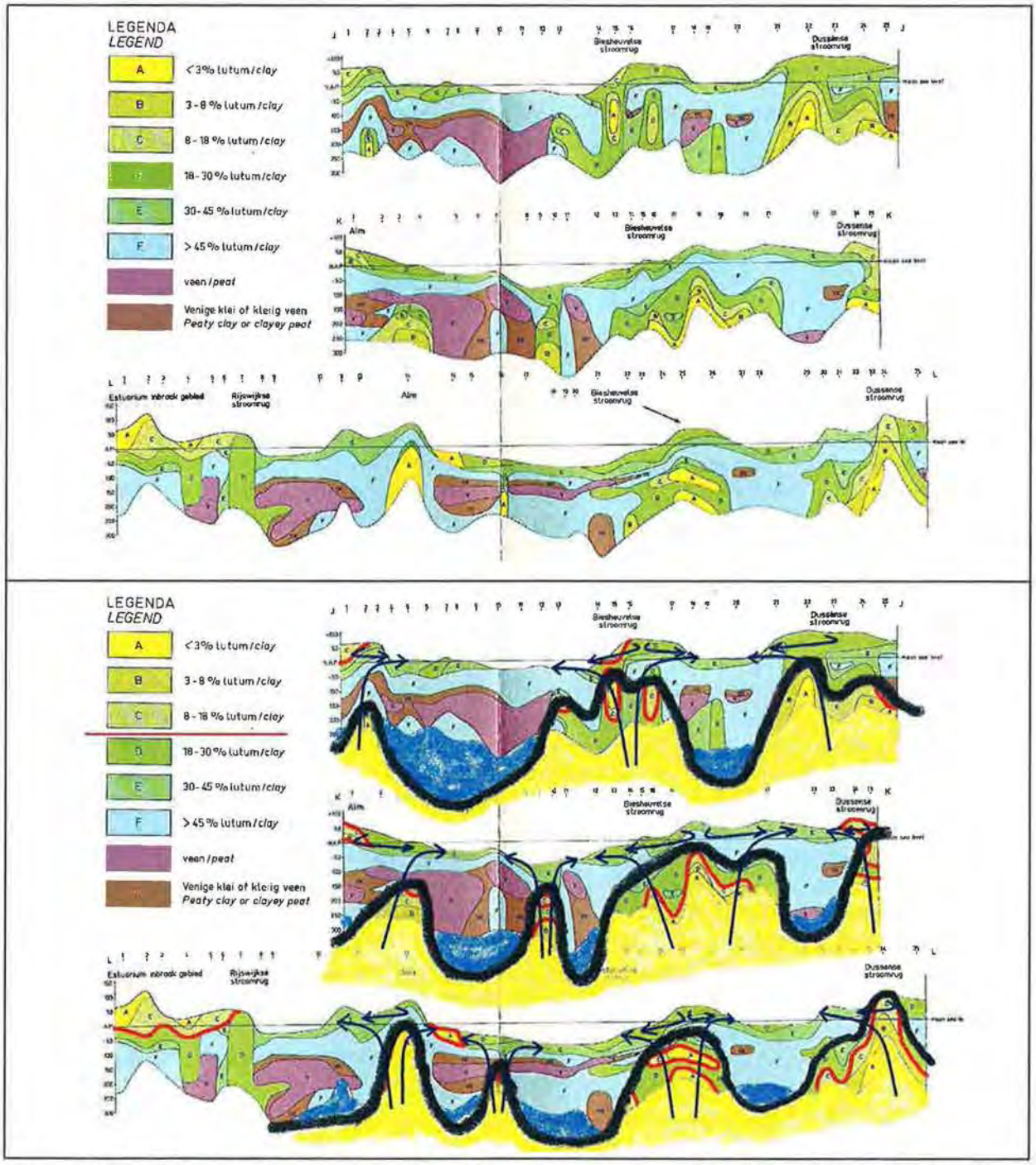
Figuur 102 De huidige loop van de Maas is redelijk beperkt in haar omvang. Aan beide zijden van de Maas zijn recente afzettingen te zien.



Figuur 103 Kwelkraters en stroomruggen in het Land van Heusden en Altena. De groene lijnen op de onderste afbeelding zijn ter verduidelijking van de grote kwelkrater met de daaruit voortkomende armen.



Figuur 104 Details van de kwelkrater en ruggen in het Land van Heusden en Altena.



Figuur 105 Profielen door de ruggen van de kwelkrater in het Land van Heusden en Altena. Op de onderste afbeelding is weergegeven hoe deze ruggen het contact met de ondergrond verzorgen. Kwelwater kan langs deze weg het maaiveld bereiken, maar wordt ook in de lengterichting door de ruggen aangevoerd (blauwe pijlen).

6.12 De zee

Onder deze noemer hebben we dat deel van Noordwest-Brabant gebracht, dat in het Holoceen goeddeels buiten de directe invloed van de grote rivieren bleef, althans: geen daarmee samenhangende stroomruggen e.d. vertoont en buiten het eigenlijke dekzandgebied ligt. Het is misschien wel het minst bekende, bestudeerde en gewaardeerde deel van Noord-Brabant en de neiging is groot het als een soort vastelandsvorm van de Zeeuwse eilanden te beschouwen. Die geringe belangstelling is ten onrechte, want het gebied vertoont fascinerende en raadselachtige trekken.

VORM

We maakten eerder al gewag van het feit, dat hier misschien wel de natuurlijkste beken van Noord-Brabant liggen - zij het, dat feitelijk sprake is van getijdengeulen. Onder directe invloed van het (zilte)zeewater heeft het niet of nauwelijks gestaan; het ondervond wel de werking van de getijden en werd daardoor bedekt met een laagje klei, werd er door vervormd tot een reeks eilanden, uitgangspunt voor de latere polders, die tenslotte door een aaneensluitende dijk omgeven werden. Die polders zijn gescheiden door een aantal diepe, zandige vloedgeulen. Daarin liggen stelsels als de benedenloop van de Mark (de Dintel), de Steenbergse/ Roosendaalse Vliet, het Keene en, in het oosten , de Donge.

In het noorden en westen van Noord-Brabant is bij verschillende gelegenheden de zee diep ingedrongen, het meest recent nog bij de ramp van februari 1953. Dat was aanleiding tot versnelde uitvoering van de Deltawerken. Daarmee werd de getijdenwerking in belangrijke delen van het zuidwesten van ons land buitengesloten danwel sterk verminderd. Zo verminderde in de Biesbosch de vloedhoogte van ca 2 m naar 30 cm. Ander gevolg was dat de werkelijk unieke schorren bij Woensdrecht, uniek omdat het de laatste schorren waren waar pleistocene dekzandkopjes door het dunne kleidek staken[162] en daardoor de meest soortenrijke van ons land, compleet van de, wel gespaarde, Oosterschelde werden afgesloten[163]. Daarbij raakte ook de laatste klifkust van ons land, bij Hildernisse, geïsoleerd van de zee. Men kon in Brabant, als enige provincie in ons land na de afsluiting van de Zuiderzee, in dit kleine gebied tussen Schelde en Elbe het complete skala van (overgangen tussen) zout- en zoetwatergetijden en een klassiek rivierenlandschap aantreffen en de rijkste groeiplaatsen van de enige soort die als endemisch voor Noordwest-Europa kan gelden: de Spindotter, als eerste beschreven uit de Brabantse Biesbosch en daar ooit zijn zwaartepunt vindend.

Hoewel thans èn vroeger geheel anders van karakter - fluviatiele invloed was en is hier aanzienlijk sterker - kon in de Biesbosch een type verschijnselen, dat op de "vaste wal" verstard is als gevolg van bedijkingen, hier tot 1970 ten volle bestudeerd worden: een zoetwatergetijdengebied. Zonneveld wijdde daaraan zijn indrukwekkende monografie[164], en volgt het tot de dag van vandaag. Intussen gloort er enige hoop op herstel van het biotoop van de Spindotter.

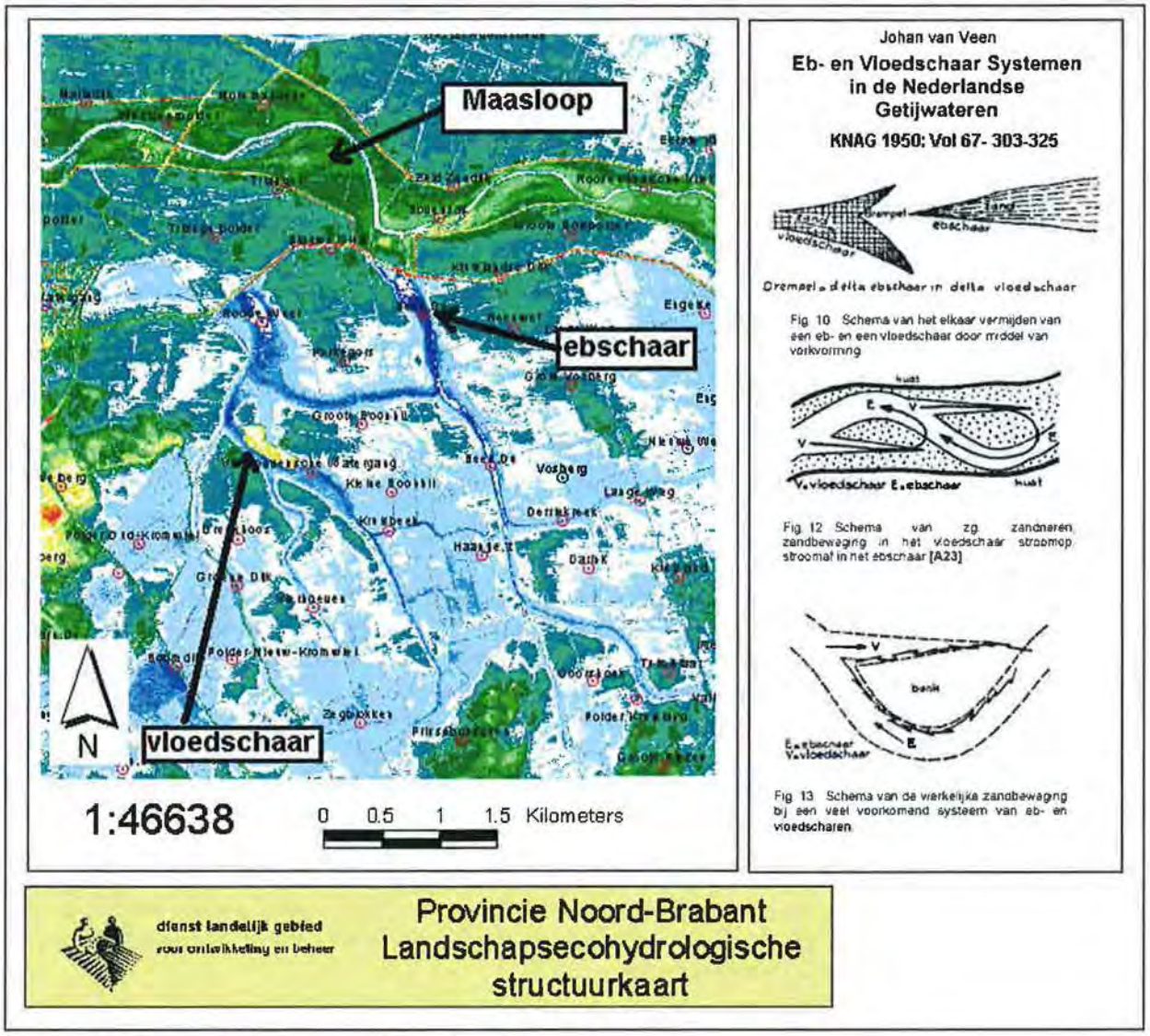
Met getijdeninvloed samenhangende landschapsvormen vindt men ook ver landinwaarts, in de noordwesthoek. Voor de waterhuishouding het meest interessant zijn vloedscharen, voor het eerst beschreven door de grondlegger van de Deltawerken, Johan van Veen (zie Figuur 106).

---

[162] In het noorden van ons land kwamen vergelijkbare structuren voor, maar die zijn al zo'n 1000 jaar geleden ingepolderd.

[163] Zie o.m. E.S.Bos & H.H.J.Simons (1964): Vegetatieonderzoek van het schorrencomplex ten zuiden van Bergen op Zoom. Rapport RIVON/Hydrobiol.Inst., Zeist/Yerseke; G.J.Baaijens, D.J. de Jong, J.Visser & B.A.Bannink (1980): Een afgesloten Markizaat van Bergen op Zoom. Rapport RIN/ Nota DDMI 80.04 Deltadienst Milieu en Inrichting, Leersum/Middelburg

[164] I.S. Zonneveld(1959): De Brabantse Biesbosch. Een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdendelta. VLO 65.20. Wageningen.



Figuur 106 Eb- en vloedscharen rond Steenbergen.

GENESE

De ondergrond is een dekzandlandschap, dat alle oorspronkelijke kenmerken behouden moet hebben, gevrijwaard als het is van later menselijk ingrijpen. Daarop werd veen afgezet, in samenhang met de reusachtige venen die Zuidwest-Nederland ooit bedekten[165]. Die venen maakten mede, dat de Schelde een loop ver noordwaarts had, min of meer langs de provinciegrens met Zeeland. Die noordelijke loop bleef overigens, tijdens vloed, in stand tot de spoorlijn Bergen op Zoom - Middelburg werd aangelegd. Omdat in de Noordzee de vloed vanaf Zeeland naar Denemarken oploopt, werd de Schelde gedwongen bij stijgend water naar het noorden af te voeren. Als ook op de Oosterschelde de vloed opkwam, werd de afvoer weer verder noordwaarts verlegd. Tussen Wester- en Oosterschelde bevonden zich overigens twee vereffeningsgeulen - het Sloe en de verbinding westelijk van de prachtige steilrand van Hildernisse[166].

Als de vloed opkomt, werpt ze in buitenbochten een wal op, waarachter een kom ligt, waar op hetzelfde moment nog eb heerst. Die scheidende wal wordt vloedschaar genoemd, omdat eb en vloedstroom er als het ware om heen scharen. Ze kunnen zich tot oeverwallen ontwikkelen. Door dit proces wordt een aanmerkelijk selectie in sediment tot stand gebracht: het grofste materiaal vindt men op de bodem van de vloedgeul en op de rug; het fijnste in de kommen.

FUNCTIONEREN

De soms diep ingesneden vloedgeulen maken contact met vanuit het Pleistocene zuiden afstromend grondwater mogelijk. Getuige een naam als de Rode Kreek, ten noorden van Fijnaert (de Fundert, in de wandeling) kan dat ver reiken[167]. Fijnaert zelf, een voormalige versterking, vormt overigens ook een aanwijzing voor kwel: forten, middeleeuwse kastelen, e.d. liggen gewoonlijk op plaatsen met krachtige kwel. Alleen dan konden de grachten in de zomer watervoerend blijven en was de bezetting verzekerd van voldoende drinkwater. Het kleidek belemmerde die kwel en droeg daardoor bij aan de kwel op plaatsen waar het dun was of ontbrak. De grens tussen Pleistoceen en Holoceen Brabant is daarom belangwekkend - Wit Bosvogeltje en Stippelzegge zijn twee Rode Lijst-soorten die daaraan gebonden zijn.

Door de selectie als gevolg van verschillen in stroomsnelheid ontstaan er verschillen in verticale doorlatendheid. De ruggen blijven daarbij, ook na opslibbing van de voedende geulen, relatief goed doorlatende plekken en het zijn daarmee concentratiepunten voor kwel danwel wegzijging. Wat er precies optreedt, hangt af van de lokale situatie.

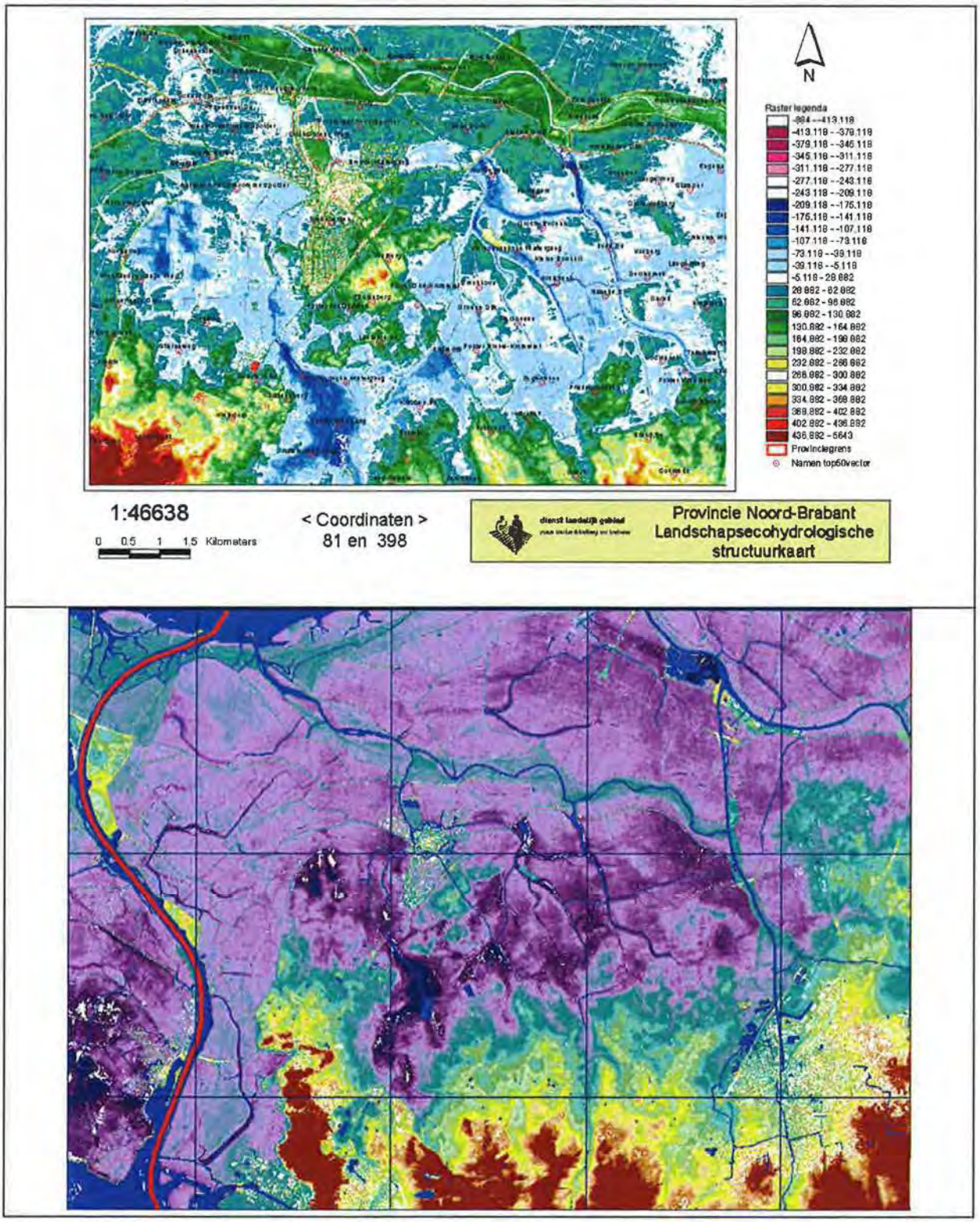
Bij binnendijking treedt als eerste verzoeting op onder die oeverwallen. Omdat ze uit relatief grof materiaal bestaan en hoger lagen, werd bouwland bij voorkeur daarop ingericht. Daarbij dreigde voortdurend het gevaar van verdroging. Dat leidde tot unieke oplossingen: men handhaafde de bolle ligging van het land en bevorderde die wanneer door afspoeling toch egalisatie dreigde, door van buiten naar binnen rond te ploegen, danwel door met behulp van een molbord grond naar het midden van het perceel te duwen. Rond de percelen groef men sloten, die men in de winter diep ontwaterde. Daardoor kon in de winter in de ploegvoren maximale infiltratie optreden, waardoor een regenwaterlens in de ondergrond werd opgebouwd, waarvan de opbolling min of meer overeenkwam met de maaiveldsligging - de percelen werden dus bol gehouden om overal een min of meer gelijke vochttoestand te bereiken. Wanneer zich vochttekorten gingen voordoen, liet men zeewater in. Daardoor werd de regenwaterlens opgeduwd. Men paste dus de Wet van Badon Ghyben-Herzberg al eeuwen toe voor die beschreven werd!

---

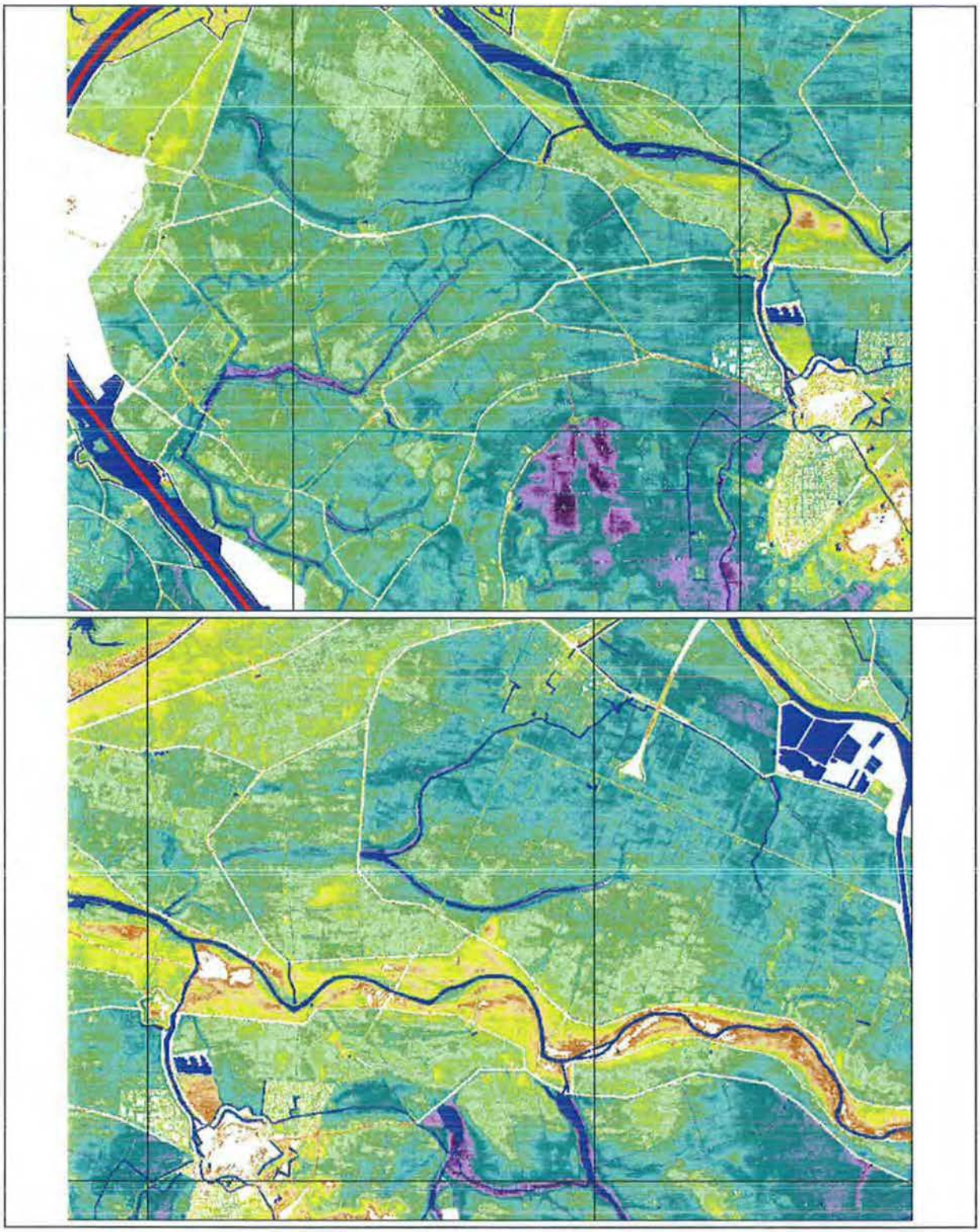
[165] Zie voor een overzicht L.J.Pons(1992):Holocene peat formation in the lower parts of the Netherlands. In: J.T.A.Verhoeven(ed.):Fens and bogs in the Netherlands:vegetation, history, nutrient dynamics and conservation, p. 7-79. Dordrecht/Boston/London.

[166] Die vereffeningsgeulen vormden in zekere zin de veiligheidsventielen tussen Wester- en Oosterschelde. Hun sluiting leidde tot versnelde aanwas langs de Westerschelde en, vermoedelijk, tot permanente problemen met de vaargeul naar Antwerpen en een schonere Oosterschelde.

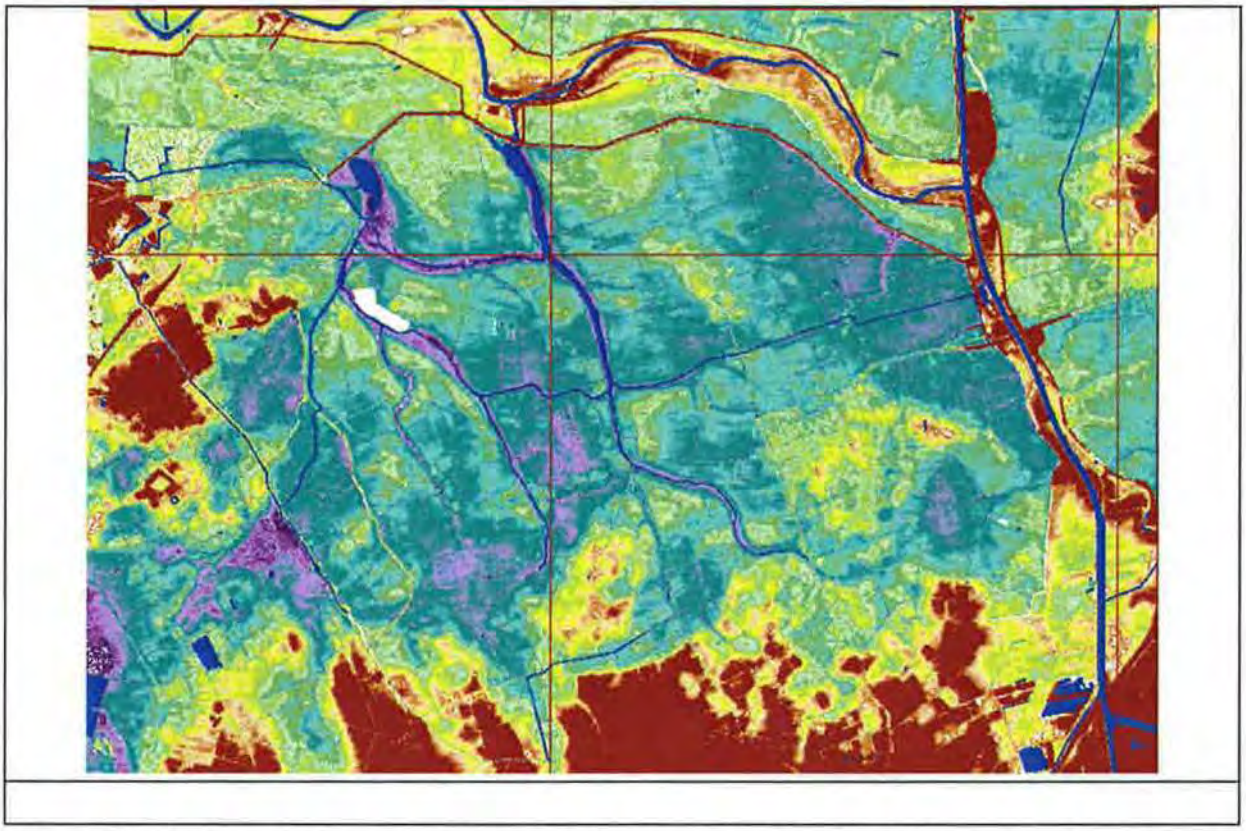
[167] Rode-toponiemen kunnen wijzen op het rooien van bos, maar als ze een kleuraanduiding zijn, zoals in de Rode kreek, wijzen ze gewoonlijk op kwel van ijzerrijk, dus roodbruin gekleurd, water.



Figuur 107 Het mariene landschap rond Steenbergen. Kwelkoppen zoals de Welberg steken door de zeeklei heen en vormen het contact met het diepere grondwater.



Figuur 108 Stroomruggen en fossiele kreeksystemen in het landschap rond Steenbergen.

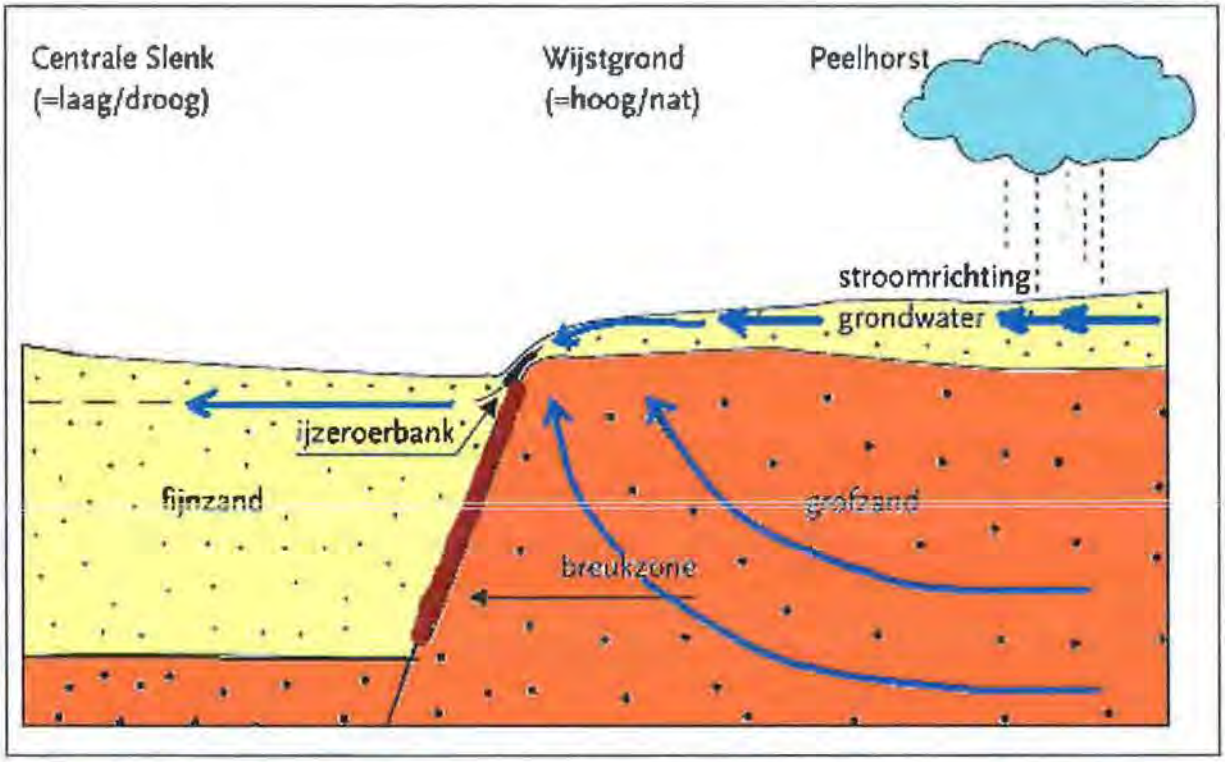


Figuur 109 Detail van de eb- en vloedscharen bij Steenbergen. Veel kleine opduikingen in het landschap zijn vermoedelijk het gevolg van dekzandkopjes.

6.13 Wijstgronden

Wijstgronden zijn in Brabant een belangrijk fenomeen, maar zijn als landschapsvorm via de kaart nauwelijks te detecteren. Het is mogelijk deze vormen op het spoor te komen wanneer men de beschikking heeft over nauwkeurige bodemkarteringen en deze kan combineren met breuklocaties en het AHN. Een voorbeeld is gegeven in het projectgebied van de Aanpassingsinrichting A50 (zie Figuur 112, en Figuur 113). De hoogtekaart laat zien dat er sprake is van een duidelijke scherpe terreintrede, die overeen komt met de bekende locatie de Peelrandbreuk. Daarnaast is op basis van het bodemgeografisch onderzoek van Leenders een drietal kaarten gemaakt die respectievelijk de droogtestress in de bodem, het gehalte organische stof en bijvoorbeeld ook het voorkomen van ijzer en veen weergeven[168]. De locatie in het midden van de figuren zijn de Wijstgronden bij Uden, ten oosten van de Bedafsche Bergen. In feite is dit nagenoeg de typelocatie voor het wijstverschijnsel, en er zijn meerdere rapporten over verschenen[169].

We hebben wel vanuit een gezamenlijk onderzoek van het Waterschap Aa-en-Maas, Staatsbosbeheer en de Brabantse Milieufederatie een goede inventarisatie voorliggen van de wijstgebieden in de Provincie Noord-Brabant[170].



Figuur 110 Schets van de Wijstgronden rond de Bedafsche Bergen bij Uden. Water dat wordt aangevoerd vanuit de Peelhorst wordt tegengehouden door oerbanken langs het breukvlak. Het water stuwt op en stroomt vervolgens over de oerbank heen.

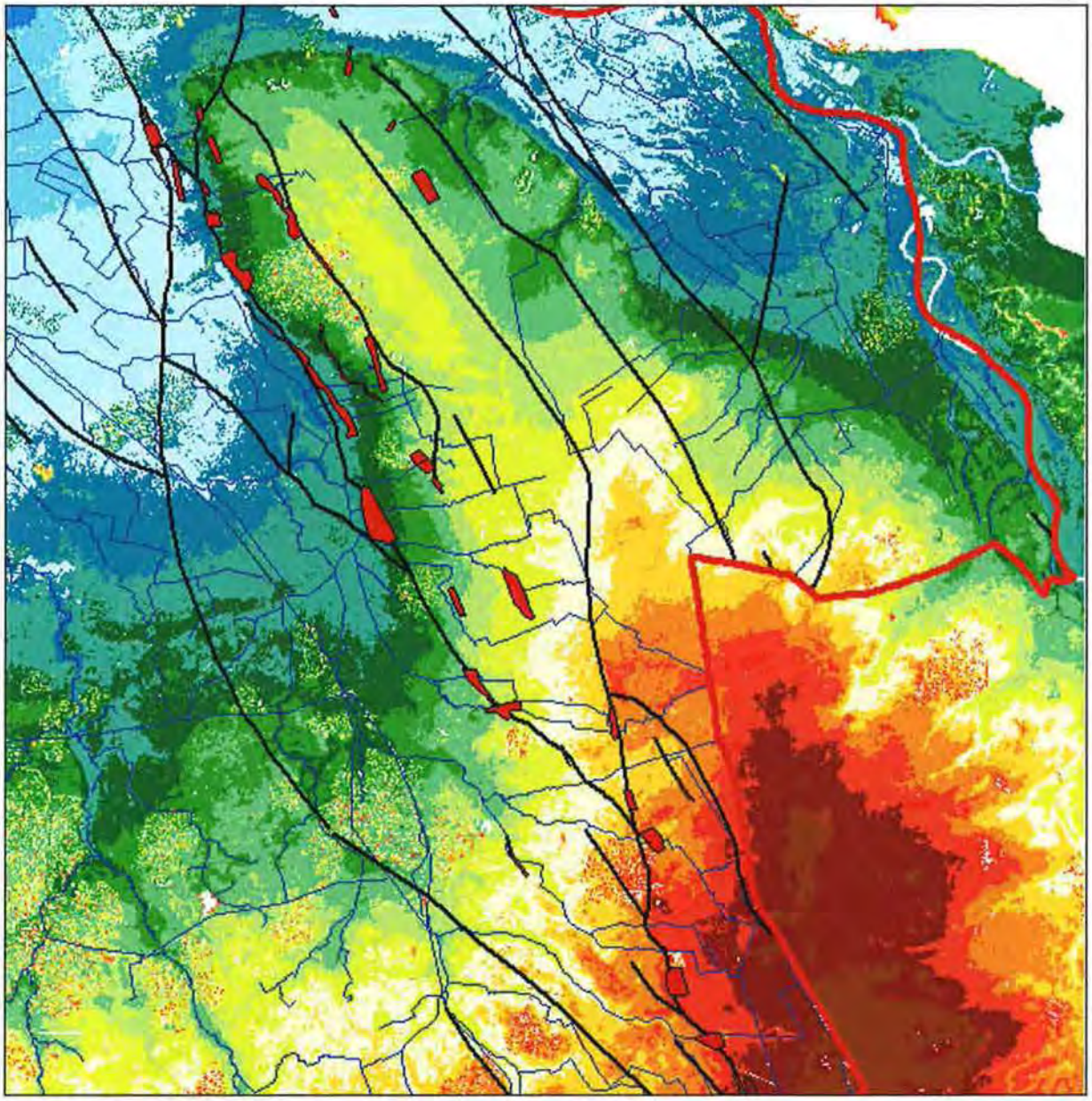
---

[168] Leenders, W.H. 1998. Bodem en grondwatertrappenkaart binnen de Aanpasingsinrichting A50. DLO-Staringcentrum Wageningen. xx p.p. + bijlagen

[169] Stuurman, R.J. en Atari, R.H. 1996. De grondwatersituatie rond de Wijstgronden bij Uden. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. TNO-Rapport 97-212(A). 67 p.p. + bijlagen.; Verwijst, Th. 1982. De Wijstgronden. St. Uitg. Distel; Vught. 69 pp.; Visser, W.C. 1948. Het probleem van de wijstgronden. Tijdschr. Kon. Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap. LXV (6): 798-823

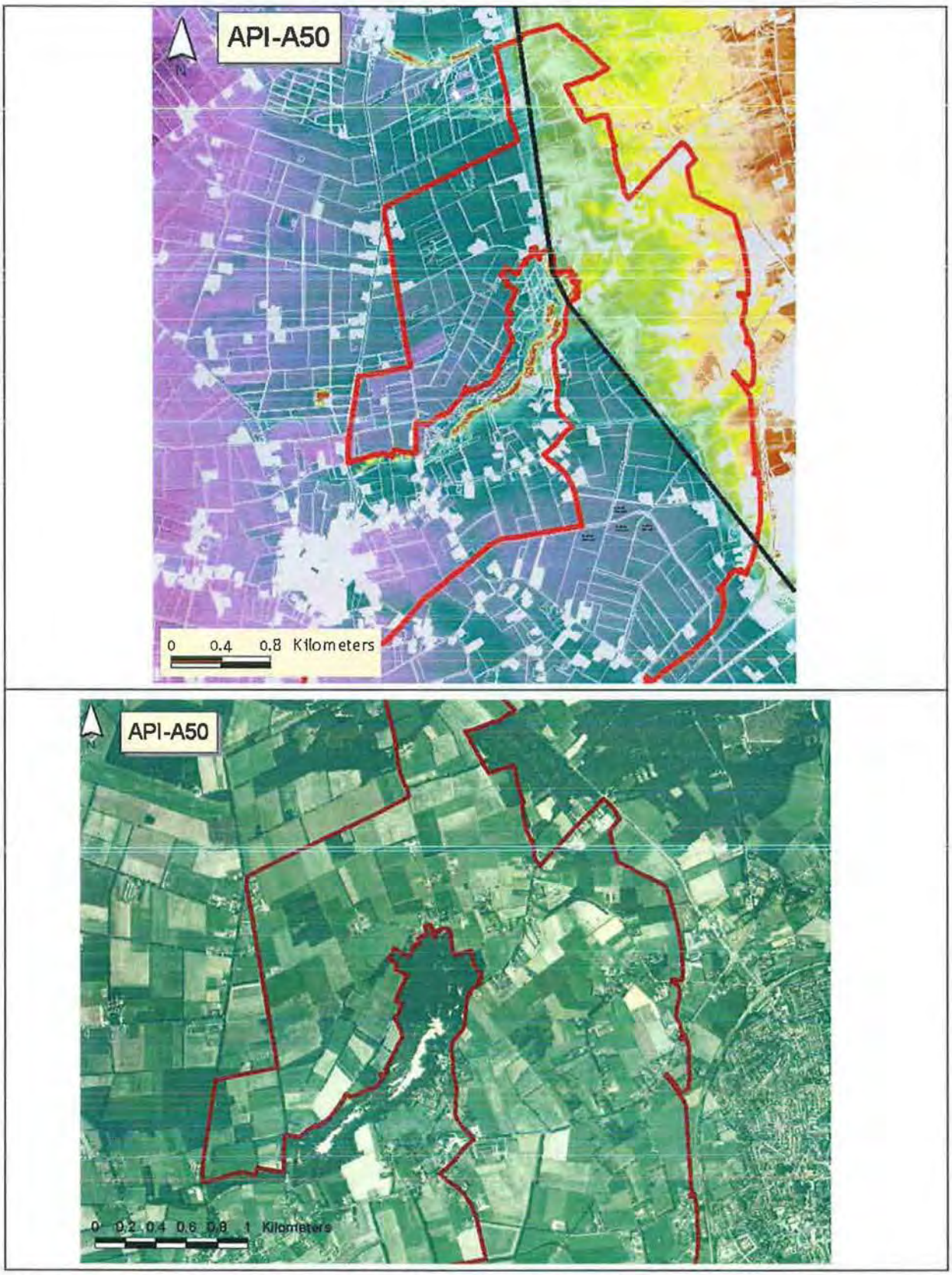
[170] Meuwissen, I.J.M. en Van den Brand, L. 2003. Brabantse wijstgronden in beeld. Inventarisatie en verkenning van de aanpak. Waterschap Aa en Maas. 31 p.p. + Bijlagen.

Op de kaart in Figuur 111 staan de wijstgronden weergegeven zoals ze in het rapport van Meuwissen en Van de Brand zijn waargenomen.

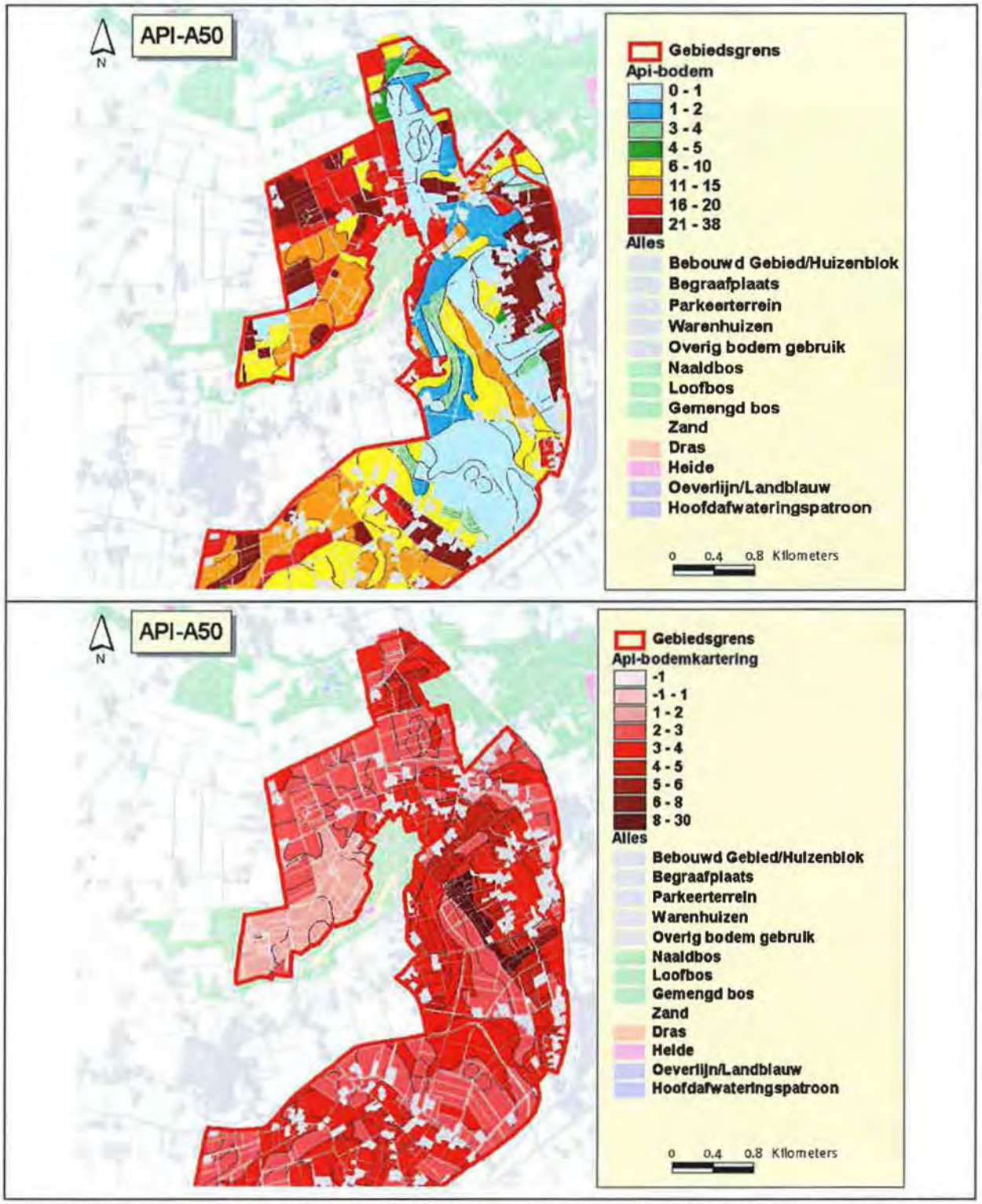


Figuur 111 Ligging van Wijstgronden in de Provincie Noord-Brabant.

De nu bekende wijstgronden liggen voornamelijk langs de westflank van de Peelhorst. Toch is er reden genoeg om aan te nemen dat zich ook langs andere breuken wijstgronden moeten bevinden.

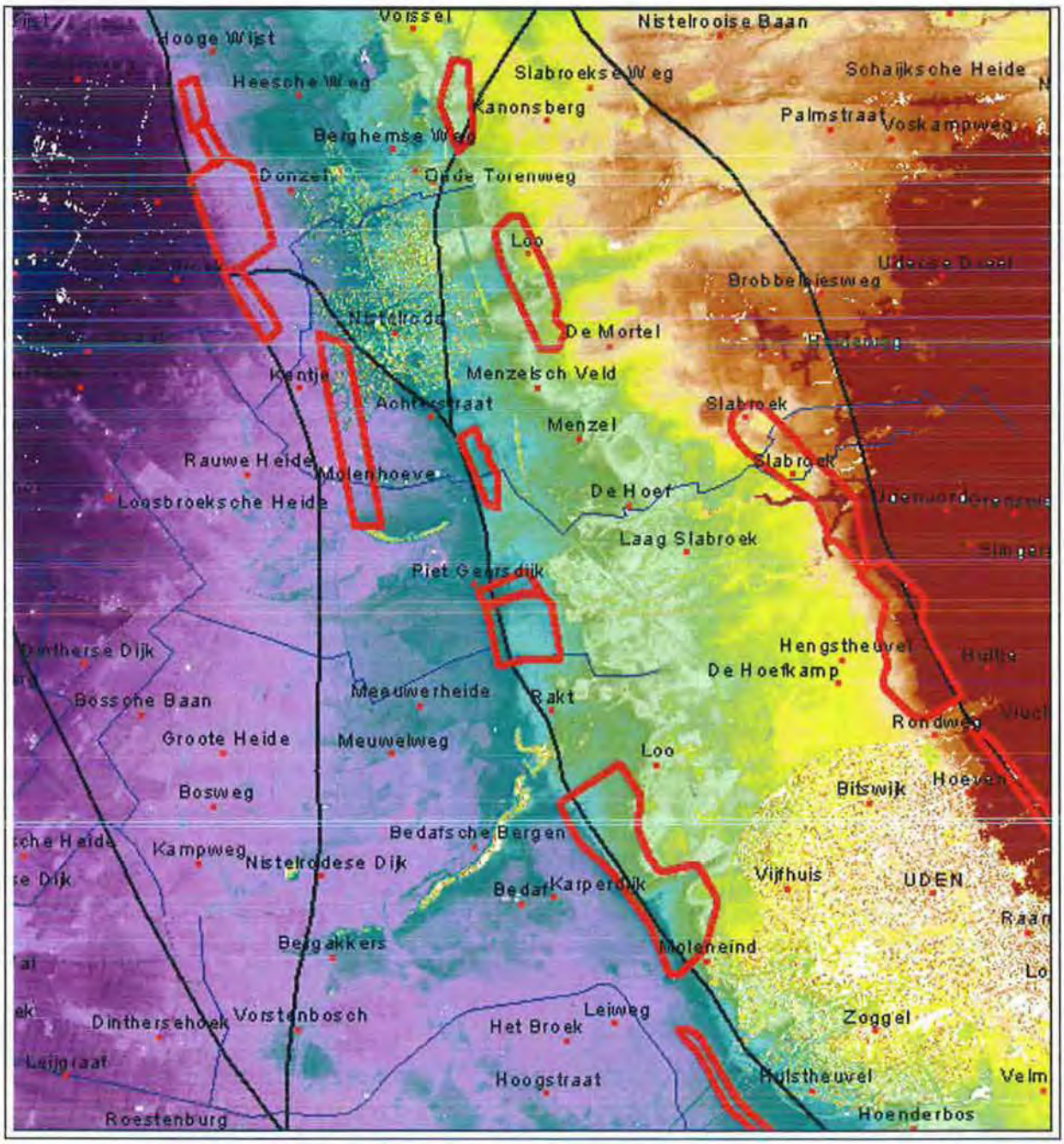


Figuur 112 Het gebied van de Wijstgronden rond de Bedafsche Bergen bij Uden. Op de bovenste afbeelding is de terreintrede zeer duidelijk zichtbaar. De onderste afbeelding is een luchtfoto van hetzelfde gebied. De rode lijn is de grens van het projectgebied van de Aanpassingsinrichting A50.



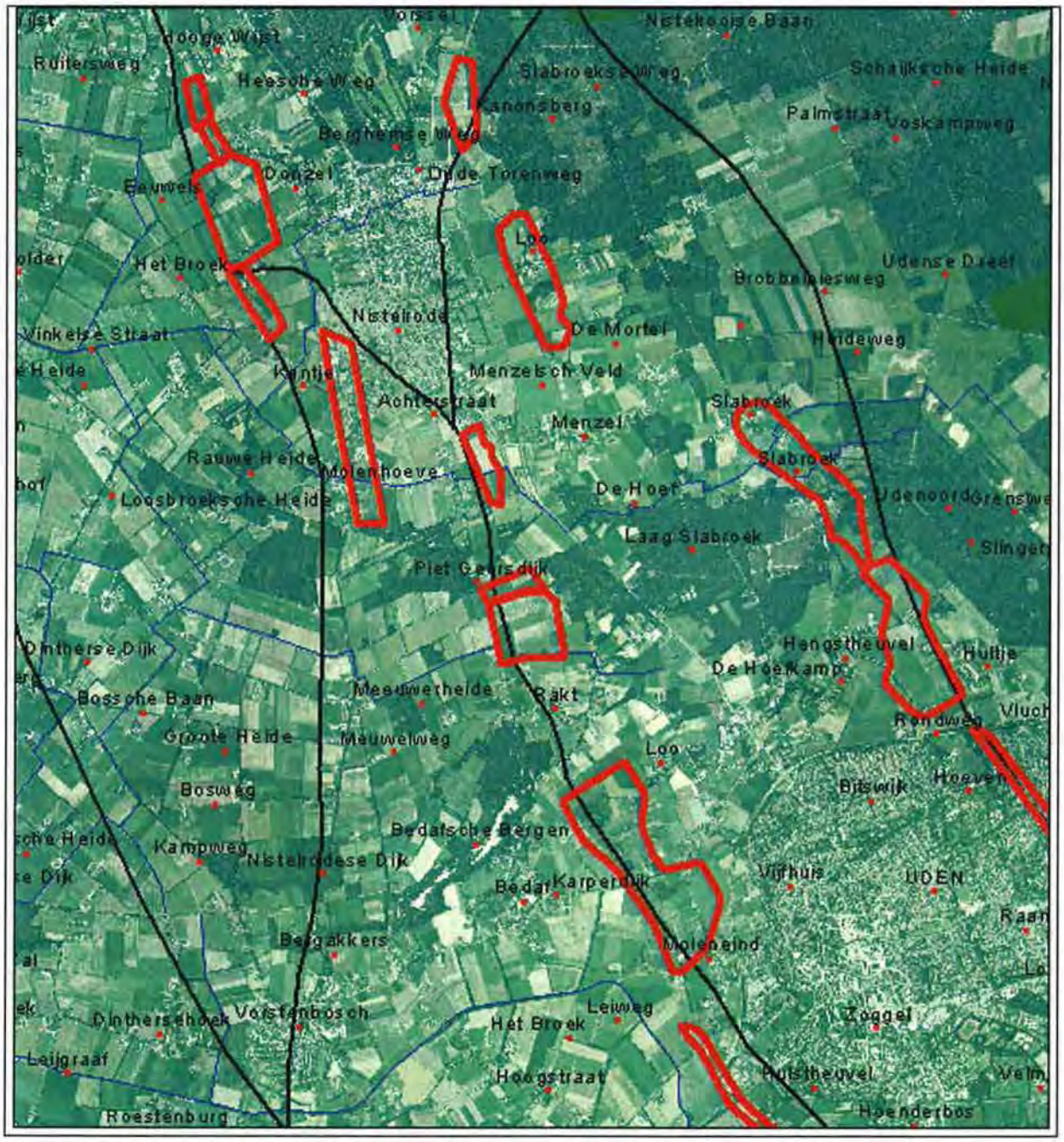
Figuur 113 Bodemgeografisch onderzoek uitgevoerd in het kader van de Aanpassingsinrichting A50. De Wijstgronden komen duidelijk naar voren door het geringe aantal dagen droogtestress in de bodem (bovenste figuur) en de grote hoeveelheid organisch materiaal (onderste figuur).

Op de volgende twee figuren (Figuur 114 en Figuur 115) geven de locaties aan van de wijstgronden ten noorden van Uden. Op veel plaatsen is deze duidelijk gebonden aan een bekende breuk en in een groot aantal gevallen ook geassocieerd met een terreintrede.



Figuur 114 Locatie van de wijstgronden ten noorden van Uden op de hoogtekaart.

Een eerste overweging bij herstel van wijstgronden is of er een actuele dan wel potentiële toevoer is van grondwater tot in of dicht onder het maaiveld. Ook de aanwezigheid van een zichtbare terreintrede is een criterium. Een ander belangrijk aspect bij herstel van de wijstgronden is de toevoer van het water. Veel gebieden hebben momenteel een toevoer van water met een sterke landbouwinvloed. Dit zal niet kunnen leiden tot natuurdoeltypen met een hoge natuurwaarde. Het is veelal gunstiger om gebieden te kiezen die een voedingsgebied hebben met bos of ander natuurgebied.



Figuur 115 Luchtfoto: locatie van de wijstgronden ten noorden van Uden.

7 Een rondgang door Brabant

7.1 Inleiding

Als we, aan het einde van de analyse, tot een beeld van de landschapsecologische systemen proberen te komen, kan dat nog steeds niet anders zijn dan een ruwe schets. Toch denken we iets vooruitgang te hebben geboekt bij het begrip van Brabant vergeleken met de alweer uit 1988 stammende studie van G.B.Engelen, J.M.J. Gieske & S.O. Los, die een voorlopige kaart van de grondwatersystemen van Nederland presenteerden in een bijlage bij het Natuurbeleidsplan. Die kaart was de eerste poging om, in afwijking van het gangbare denken in de hydrologie, landsdekkend te beschrijven hoe grondwater zich vermoedelijk verplaatst in de ondergrond. Daarbij werd naar meer gekeken dan naar de stijghoogte in grondwaterstandsbuizen en het leverde een verrassende kijk op ons land op. Voor de Centrale Slenk bijv., om ons tot Brabant te beperken, werd voor het eerst een reeks geneste stelsels beschreven. Die term werd gebruikt, omdat verschillende hydrologische stromingsstelsels als een reeks kleine schaaltjes in een groter systeem hangen, zonder dat intensieve vermenging plaats vindt.

Het was een benaderingswijze, die voor kleinere gebieden al eerder was toegepast en die vooral ecohydrologen en landschapsecologen buitengewoon aansprak. Op een elegante wijze immers kon nu een verklaring worden gevonden voor de waarneming, dat plantensoorten die gewoonlijk bovenstrooms in stroomgebieden voorkomen ook ver stroomafwaarts kunnen worden gevonden, maar soorten van benedenstrooms maar hoogst zelden bovenstrooms. In elk genest systeem begint de weg door de grond opnieuw in elk hoog punt en het grote omhullende systeem manifesteert zich pas ver stroomafwaarts. Omdat de afgelegde weg door de grond bepalend is voor de inhoud aan opgeloste stoffen - wanneer de weg langer is kan er meer oplossen - en op die weg ook de onderlinge verhouding tussen de verschillende bestanddelen verandert is die samenstelling van het grondwater en, afgeleid daarvan, het bodemvocht, in en rond kwelgebieden van wezenlijke betekenis. Elke soort stelt specifieke eisen aan de vochthuishouding, elke soort stelt specifieke eisen aan de hoeveelheid voedingsstoffen, elke soort reageert op specifieke verhoudingen tussen de bestanddelen in het bodemvocht, omdat die de openingstoestand van de celwanden bepalen. Alle ruim 1500 soorten in ons land hebben specifieke eisen op dat punt en het zal duidelijk zijn, dat die maar zelden overeenkomen met die van de paar plantensoorten die we als landbouwgewassen telen. Bij mensen is dat overigens niet anders: als men een zoutoplossing ingespoten krijgt, moet de verhouding tussen, bijvoorbeeld, kalk en natrium aan specifieke eisen voldoen - bij alleen kalk gaat men dood, bij alleen natrium ook, maar bij de juiste verhouding niet.

Vereenvoudigend kunnen we zeggen, dat in regenwater natrium overheerst, omdat de meeste regen van de zee afkomstig is, en dat er in de bodem kalk aan wordt toegevoegd. De verhouding tussen die twee zal dus geleidelijk aan verschuiven, naarmate water langer onder weg is en meer kan "rijpen". Dat speelt zich zelfs al binnen een enkel ven af: het grondwater onder bulten is relatief rijk aan natrium, dat in de lage slenken aan kalk. En op die laatste plekken kan men dan zeldzaamheden vinden als Lange zonnedauw of de als een ballerina boven de veenmoskopjes uitstekende, of er zelfs kort na de kieming óp dansende, Veenmosorchis - een wel uiterst banale naam voor zo'n prachtige plant.

Drijvende kracht achter die verschillen is de zwaartekracht, maar in die lage slenken vindt ze een tegenpool, die gebaseerd is op opwarming op warme dagen en afkoeling in de nacht. Dan komt er een warmtepompje op gang, dat maakt, dat het water dat overdag wordt uitgeloogd door groeiende planten 's nachts wordt aangerijkt in de ondergrond. Dat alles dankzij het feit, dat warm water lichter is dan koud water en dus naar boven wil.

In grotere systemen is dat verschil in gewicht ook van belang: hoe meer er in opgelost is, hoe zwaarder het water is en al die geneste systemen vinden dus eigenlijk hun oorsprong in verschillen in gewicht:water met weinig opgeloste stoffen drijft boven, water met veel opgeloste stoffen ligt daar onder. Voor de zoetwaterzak onder de duinen is dat al meer dan honderd jaar door een Nederlander ontdekt; in zoet water worden die verschillen gewoonlijk - en ten onrechte - verwaarloosd. Maar als er veel van dat lichte water is, wordt het zwaardere water op den duur ergens omhoog geperst en waar dat gebeurt is dan weer afhankelijk van de zwakke plekken in het systeem.

Die zwakke plekken worden bepaald door de doorlatendheid van de bovengrond - grof zand is zeer goed doorlatend, leem zeer slecht. Hoe grover het materiaal dus is, des te beter het water doorlaat. Grappig is nu, dat planten er met hun miljoenen afbraakproducten - en versimpelend wordt dat dan "humus" genoemd - toe kunnen bijdragen, dat die wetmatigheden op losse schroeven kunnen worden gezet. Dat is al te zien in een heide, waar langs een weg zo'n 'koffiebank' te zien is: als het hard geregend heeft, zie je daarboven water lekken, terwijl de grond onder die bank nog gortdroog kan zijn. Die 'koffiebank', zoals boeren hem noemden, is door afbraakproducten van planten gevormd. Nu is die meestal nog redelijk dik, maar zelfs een laagje van minder dan een millimeter - bodemkundigen spreken dan van een micropodzol of van waterhard - kan al voldoende zijn om als een plastic folie alle water tegen te houden.

Veel vennen hebben dat soort dunne laagjes in de randen - en ze groeien nog voortdurend aan en daarom hebben veel vennen de neiging om groter te worden. Dat neerslaan van humus gebeurt vaak op overgangen van goed- en slechtdoorlatend materiaal, of op grenzen tussen infiltrerend zuur water en basisch water in de ondergrond. Dat maakt, dat vennen midden op de heide min of meer dezelfde vegetatie kunnen hebben als die aan de rand van beekdalen, maar dat de aard van de onderliggende slechtdoorlatende laagjes door wat anders bepaald wordt - midden op de hei zal het een verschil in korrelgrootte zijn, langs de rand van een beekdal een verschil in zuurgraad tussen het infiltrerende water en het water daaronder. Meestal kan men toch wel zien waar men is, want aan de rand van beekdalen groeit er gewoonlijk Gagel en Grauwe wilg aan de beekdalkant van het ven en dan is het tijd om uit te kijken naar dat prachtige lelietje, dat Beenbreek heet, omdat de schapen er botbreuken van konden krijgen als ze het aten. Omgekeerd geldt, dat als je dat soort planten midden op de heide vindt er reden is om eens goed na te gaan wat er precies aan de hand is: er kan een oud beekdal liggen.

Dat klinkt natuurlijk raar - een oud beekdal in een heideveld. Toch komt dat soort rare dingen voor, dat zit landschapsecologen dwars en daarom spelen ze leentjebuur bij iedereen die ze wat kan vertellen over de waterhuishouding, over de geschiedenis van een gebied, over de bodemopbouw, over de manier waarop boeren er mee om sprongen of de conflicten die ze hadden met anderen. En het gaat dan meestal niet om de "grote" geschiedenis, zoals men die op school leert, maar om de streekgeschiedenis, zoals die door honderden mensen bij elkaar wordt verzameld. Zo danken we het aan een schoolmeester uit Eibergen, van rond 1900, en een schoolmeester uit Dwingeloo, van zo'n 50 jaar later, dat we weten dat er in ons land bevloeid is. En als een Drentse bodemkundige noteert, dat de veengronden in de beekdalen zo vorstgevoelig zijn en als je dan bevloeiingswerken vindt op plaatsen waar nooit slib kon komen, dan is de link snel gelegd: als men slib kon krijgen was dat prachtig, maar oogstzekerheid stond voorop - en daarom bevloeide men. Vorst in de grond was een ramp, want dan vroor de zode kapot en dan had men een jaar lang geen gras. En geen gras betekende geen mest en geen mest betekende geen graan en geen graan betekende honger of zelfs de dood. Dat maakt buitengewoon vindingrijk.

Je leert er ook nog wat anders van. Meestal gaat men er van uit, dat het in beekdalen kwelt - onbegrijpelijk dus dat er dan toch nog bevloeid is, want dat kwelwater is warm en zou de vorst uit de grond moeten houden. De mollen overigens ook en het loont dus de moeite om als het vriest naar molshopen te gaan zoeken - waar je die vindt, kwelt het niet, ook als er berekend is dat dat wel het geval moet zijn. Maar het is natuurlijk vreemd als je dan merkt, dat het niet kwelt waar het zou horen te kwellen en als kwel zich in een nauw omgrensde zone langs de randen van het veronderstelde kwelgebied manifesteert.

Dan ontdek je, dat in zo'n beekdal hoog niet noodzakelijkerwijze droog is en dat laag niet per se nat is. Dat leidt dan tot de ontdekking, dat het reliëf van de zandgronden nauwkeurig laat zien, wat de stijghoogte van het grondwater was tijdens de grote droogte van de laatste ijstijd. En omdat die bepaald werd door eigenschappen van de ondergrond laat dat iets zien van die eigenschappen, bijvoorbeeld over de aanwezigheid van voorkeursplekken voor grondwaterstroming.

Dan leer je ook, dat middeleeuwse boeren, de analfabete "keerlen" waarvoor de gegoede klasse zo weinig respect had, met feilloze precisie al die verstopte plekken in het landschap wisten te vinden, die warm en kalkrijk water opleverden, dat men over het veen kon leiden om de vorst uit de grond te houden en om de grasgroei te bevorderen. Oh zeker, ze hielden zich onnozel – het blijkt mooi wanneer na de 80-jarige oorlog de oorlogsschulden betaald moeten worden en er een belasting op het grasland wordt gelegd. Ineens kon er nauwelijks bevloeid worden – dat bevloeide grasland werd belast naar de verkoopwaarde en die kon, naar hedendaagse valuta, tot zo'n €150.000 per ha oplopen. Het leverde voordeel op als je je achterlijk voordeed: van alle empirische kennis die bij de inrichting van het land aan de dag werd gelegd, alle afspraken die er golden – zijn maar zelden schriftelijke sporen achtergebleven. Maar veldnamen spreken een duidelijke taal – geen provincie, waar zoveel namen op bevloeiing wijzen als Brabant. Ook de oudste topografische kaart spreekt een duidelijke taal – twee sloten op plaatsen waar, als er echt alleen ontwaterd zou zijn, een enkele voldoende zou zijn geweest: boeren groeven niet als het niet strikt noodzakelijk was. En planten spreken nog duidelijker, als men de taal verstaat: stromingssoorten wijzen op stroming, dus als men Riet vindt, als plant of als veldnaam – en voor de middeleeuwse boer was reit of riet synoniem met stromend water – dan is er van stroming sprake.

Met die kennis in het achterhoofd zijn we voor dit rapport naar Brabant gaan kijken. En dan vertelt de Actuele Hoogtekaart van Nederland een nieuw verhaal, dat we voortdurend geprobeerd hebben te toetsen aan wat er ook maar voorhanden was: gegevens over groeiplaatsen van planten, de bodemkaart, de geomorfologische kaart, geologische gegevens, grondwaterstandgegevens, enzovoorts. Dan stuit je op nog nooit beschreven vormen in het dekzand, die je uitdagen tot wat de een als speculatie, de ander als nieuwe werkhypothese zal zien. We hebben een middenweg gekozen – we probeerden op grond van onze speculaties tot toetsbare voorspellingen te komen en als ze klopten vindt u onze veronderstellingen terug in dit rapport.

Dat lukt natuurlijk niet altijd – we zijn een paar dingen tegengekomen, die zó groot zijn, dat we denken, dat ze met plotselinge en omvangrijke aardverschuivingen samen hangen. Daar kennen we wel kleinschalige voorbeelden van en die lijken op wat we hier hebben gezien, maar de bewijsvoering wordt lastig, omdat daar gericht onderzoek voor nodig is – waarbij we niet uitsluiten, dat de bestaande gegevens al het nodige kunnen leveren. Maar daar ontbrak ons de tijd voor en in dat soort gevallen hebben we de waarnemingen niet weggelaten, getracht een aannemelijke verklaring aan te dragen en dat dan in de hoop, dat een ander iets anders bedenkt, dat beter bij de feiten past. Dat alles indachtig het motto dat de door ons zeer bewonderde Teunis Vink[171] aan zijn proefschrift meegaf: "Feiten hebben blijvende waarde, beschouwingen tijdelijke".

7.2 Ontstaansgeschiedenis van Brabant

Dat verhaal begint een kleine drie miljoen jaar geleden, wanneer van ons land alleen Zuid-Limburg en kleine stukjes Achterhoek en Twente boven water uitsteken en wat bij geologen als "Brabant-Hoog" bekend staat Noord-Brabant niet meer omvat. Niet meer, want door het wegdrijven van Noord-Amerika van deze streken was de Noordzee ontstaan als een dalingsbekken. Niet langer braakte de

[171] Vink was een landschapsoecoloog avant la lettre. Hij lette op alles, raadpleegde iedereen die hem wat kon vertellen en droeg zijn proefschrift dan ook aan al die naamloze kenners van het landschap op. In het academische wereldje van de jaren '20 was het bepaald niet gebruikelijk om in het dankwoord naast hooglerearen ook stropers, landarbeiders, griendwerkers, enz. te noemen.

vulkaan bij Stavoren, waarop het legendarische vrouwtje later haar graan zou storten, as en stenen uit. Dat dalingsbekken zakte verre van gelijkmatig - wat nu bekend staat als de Peelhorst daalde langzamer dan wat er ter weerszijden lag en wat nu de Centrale Slenk heet, ten westen, en de Venlo Graben, ten oosten daarvan. In wat nu het zuiden van West-Brabant en Zeeland is monden rivieren uit, die hun oorsprong vonden in Zuid-België en Noord-Frankrijk is; de Donau begon nog in de Franse Jura en de Rijn was een klein lokaal stelsel, met de Maas als belangrijkste zijrivier. De Boven-Rijn was een zijrivier van de Donau.

Door het rijzen van de Alpen onthooft dan de Rijn de Donau, de Maas wordt een zelfstandige rivier en de wijde baai die Nederland was wordt opgevuld met enorme massa's afslijpsel van alle omringende gebieden. Een kleine 2 miljoen jaar geleden, op het einde van het Tiglien (genoemd naar Tegelen, in Limburg) is een gebied boven water, dat zelfs nog wat groter is dan het huidige Nederland. Tijdens daarop volgende ijstijden blokkeert herhaaldelijk de afvoer naar het noorden van Rijn, Maas, Schelde en Thames en de stroom verlegt zich dan naar het Kanaal. Daar wordt een doorbraak geforceerd, waardoor, zoals onze overburen zeggen, het continent geïsoleerd raakt van Engeland. Die weg is korter dan die naar de Doggersbank, verhanglijnen worden daardoor steiler en vanuit de Schelde vindt terugschrijdende erosie plaats, tot aan de voet van de Ardennen aan toe. Al die rivierenstelsels vanuit Zuid-België en Noord-Frankrijk worden daardoor onthoofd - de Maas wordt net niet bereikt - en de benedenlopen hebben een veel te ruime jas.

7.3 West Brabant

Het ziet er naar uit, dat die ruime jas is ingenomen, in die zin, dat de oude beddingen uiteindelijk dichtstoven en de aangrenzende kommen tot min of meer periodieke meren vervormd werden, met praktisch ronde vormen, vermoedelijk als gevolg van vorstwerking - bevriezend water zet uit[172]. Dat is het 'flessenbodemlandschap' [173]of, netter, meerbodemlandschap, van West-Brabant, zoals we dat eerder beschreven. De afname van het aantal 'flessenbodems' van west naar oost zou samen kunnen hangen met de kortere duur van de onthoofding.

Op die meerbodems moeten we de vroegere (hoog-)venen zoeken, die Leenders zo vernuftig reconstrueerde[174]. De hoogtekaart laat dus een verfijning toe van zijn zoekbeeld. Hoog- staat bewust tussen haakjes; waar ze ook zijdelingse voeding vanuit aangrenzende ruggen gehad zullen hebben, valt een wat basenrijker karakter niet op voorhand uit te sluiten en het bestanddeel 'blek' of 'blik' in een aantal veldnamen wijst op het voorkomen van moeraskalk - en die is dan ook her en der gevonden[175]. Over dat substraat kan overigens heel goed hoogveen zijn opgegroeid. Vaak begon dat met drijvende veenmoseilandjes en voordat het landbouwproefstation Maarheze werd aangelegd kon Hein Schimmel voor dat latere poldertje - het meest hooggelegen van ons land - die situatie nog beschrijven[176]. Dit soort plekken behoort tot de soortenrijkste van ons land, dankzij het feit, dat regenwater lichter is dan grondwater - een genest systeem in miniatuur... Graaft men dat hoogveen af, dan resteert een substraat, dat landbouwkundige gezien interessant is, mits men de mogelijkheid heeft de zode tegen vorst te vrijwaren. Voor De Leijen werd gereconstrueerd, dat daartoe bevloeid werd; het lijkt hier in West-Brabant niet anders te zijn geweest.

---

[172] Het is mooi te zien dat dat rond venranden dan tot afplaggen in miniatuur leidt: de humus wordt op rilletjes geschoven, waarin Klokjesgentiaan kan groeien en daartussen komen zandige plekjes voor met (soms) Draadgentiaan en (vaak) Moeraswolfsklauw.

[173] Met water of veen gevulde laagten heten overigens vaak fles, flaas of vlaas. Wellicht dat de analogie onze voorouders dus ook al opviel.

[174] K.A.H.W. Leenders (1989): Verdwenen venen. Een onderzoek naar de ligging en de exploitatie van thans verdwenen venen in het gebied tussen Antwerpen, Turnhout, Geertruidenberg en Willemstad (1250)1750). Wageningen.

[175] Ze stamt vermoedelijk uit het Dryas. Insluitsels zijn o.m. Dryas en Dwergberk (Betula nana), thans nog in toendravegetaties en in de bergen.

[176] H.Schimmel(1952): Het Goor, het Turfwater en de Groote Heide onder Soerendonk. DLN55:201-205.

Nu bijten turfwinning- en -afvoer en bevloeiingspraktijk elkaar gewoonlijk - het zure water van (hoog-)venen en heide loogde, als het op het grasland, kwam, uit in plaats van te bemesten. *"De wilde Wiking die van overland komt"*, broodrover bij uitstek dus, heet het bezwerend in de uit 1304 stammende dijkbrief van Salland[177] In dat verband is het dus niet verwonderlijk, dat men twee waterwegen in een beekdal vindt, zoals de Bijloop en de (IJzermolensche Vaart-Turfvaart), die, afgaand op de oudste topografische kaart, over ruim 15 km praktisch naast elkaar lopen en men heeft zelfs wel aquaducten en spaarbekkens aangelegd om de scheepvaart mogelijk te maken[178]. Turf werd gewoonlijk in de droogste tijd afgevoerd en omdat ook de boeren water nodig hadden - na de eerste snede werd vaak nog weer bevloeid - lagen conflicten altijd op de loer[179]. Beken en turfvaarten zijn, hoewel beide gegraven, op de oudste topografische kaarten gemakkelijk te onderscheiden, ook als er geen naam naast staat: de beek tapt grondwater af en zoekt dus de flanken van de dalen op, de turfvaarten zullen hun voeding vooral uit de heide en het veen gekregen hebben.

Er lijkt overigens van alles aan de hand te zijn in de ondergrond, want terwijl de strekking van de eerste grote westelijke rug, die achter Bergen op Zoom, nog ruwweg zuid-noord is, vindt men die oriëntatie oostelijker eigenlijk alleen terug in een reeks dalen op de overgang van het dekzand- naar het kleilandschap van westelijk Brabant. Mooi is dat te zien bij Etten-Leur, waar de Brandsche Vaart bijna haaks staat op haar bovenloop, de Oude Turfloop, en de daarmee evenwijdige Bijloop, die ze dicht benadert. Van Dorsser stelde vast, dat de voorgangers van al die schuine bovenlopen toch ook noordwaarts gericht zijn en het aardige is, dat men, blijkens het door Leenders afgedrukte kaartje van turfvaarten in dit gebied, daarvan gebruik wist te maken.Wat is hier dus allemaal gebeurd?

De merkwaardige draaiing van de bovenlopen van de westelijke zijbeken van de Mark hangt wellicht samen met de diepe insnijding van de Mark zelf[180]. Bij de opvulling van dat dal speelde de wind een belangrijke rol; het is daarbij overigens de vraag of de hoge koppen die langs de Mark voorkomen wel de rivierduinen zijn waarvoor ze gewoonlijk versleten worden - we hebben de indruk, dat de toppen een oud oppervlak vormen, gespaard voor verstuiving door kwel, terwijl zich oostelijker vaag een verstopt dal aftekent, op de voormalige Strijbeeksche heide. Die gedeelten, die uit konden drogen zouden dus verstoven zijn; de nattere delen niet. Men zou kunnen veronderstellen, dat er, met de voortgaande isolatie van de Noord-Brabantse beken van hun zuidelijke achterland door terugschrijdende erosie vanuit het bekken van de Schelde richting de Ardennen - een voortdurende verplaatsing van zand e.d. plaats vond van west naar oost. De gedeelten van de waterlopen zoals de Mark die zich heden ten dage in Nederland bevinden, zijn dus losgekoppeld geraakt van hun oospronkelijk brongebied in zuidelijk België. De hoogtekaart in Figuur 9 laat duidelijk dit geërodeerde bekken in België zien, met nog enkele hogere restanten daarin. De huidige Belgisch - Nederlandse grens vormt een smal hoog restant van dit voormalig plateau. Daarbij kreeg het hele gebied tussen de Mark en de hiervoor beschreven rug ten oosten van Bergen op Zoom een wat noordoostelijke strekking. Alleen langs de noordrand, waar ongetwijfeld ook na de onthoofding van de vormende stelsels nog het meeste water passeerde, werd iets bewaard van een vroegere toestand. De afstromingsrichting van de aan de oostzijde van de Mark gelegen Chaamse beken is ongetwijfeld

---

[177] S.J.Fockema Andreae (1950a):Salland. Studiën over waterschapsgeschiedenis II. Leiden.

[178] K.A.H.W. Leenders (1989): Verdwenen venen. Een onderzoek naar de ligging en de exploitatie van thans verdwenen venen in het gebied tussen Antwerpen, Turnhout, Geertruidenberg en Willemstad (1250)1750). Wageningen.

[179] Daaraan danken we dan ook een aantal verwijzingen naar bevloeiing in de literatuur. De Brabantse is op dat punt nog niet uitgespit, maar voor Overijssel danken we er een 14eeuwse precisering aan voor wat onder het recht op het water moet worden verstaan: visserij, veerdiensten, molenrechten, zwanendrift en bevloeiing.

[180] S.J.P. Bohncke & J.Vandenberghe (1991): Palaeohydrological development in the southern Netherlands during the last 15000 years. In: L.Starkel, K.J.Gregory & J.B.Thornes(ed): Temperate palaeohydrology, p.253-281. London. T. Faber(1972): Regimes and regime-related basin properties of some Dutch small rivers. Diss.VU.Amstelveen maakt gewag van een redelijk diep goed doorlatend pakket ter plaatse van het dal van de Mark en van redelijk ondiep voorkomende slecht doorlatende afzettingen oostelijk en westelijk. In dat beeld past ook wel, dat bijv. de Turfvaart in de benedenloop water zou verliezen naar de ondergrond.

bepaald door de Rijenbreuk. Het oppervlakkige grondwater vertoont hier abrupte sprongen; het geldt ook voor diepe watervoerende lagen[181].

Bij dat alles was de Mark, voor recente ingrepen, opmerkelijk vormvast, zoals eigenlijk alle beken in ons land: van verleggingen lijkt nooit sprake te zijn geweest. Men zou dus vragen bij de natuurlijkheid kunnen zetten. Interessanter in verband met waterbergingsvraagstukken is echter, dat de structuur van het landschap volop mogelijkheden lijkt te bieden om water, op welke wijze ook, vast te houden, op een wijze, die niet alleen natuurtechnisch bezien buitengewoon belangwekkend is. De 'flessenbodems', voorheen wel alle met veen gevuld, moeten een grote variatie aan veentypen hebben geherbergd, groter dan gewoonlijk wordt aangenomen, speciaal in de randzones tegen het zand aan. Bevordering van het herstel daarvan biedt mogelijkheden tot vertraging in de afvoer, verhoging van de basisafvoer van allerlei waterlopen en tot flexibele berging: veen zwelt op bij hoge aanvoer van regen en grondwater en wel meer naarmate er meer veen is. Bevordering van veengroei is, in verband met het Kyoto-protocol, ook interessant, omdat opslag van koolstof in veen de enige duurzame manier is om koolstof op langere termijn vast te leggen - hout eindigt altijd in de verbrandingsoven, ook als het in de woningbouw wordt toegepast.

Omdat de belangen van de drinkwatervoorziening conflicteren met die van natuur- en landschapsbeheer, is op de LES-kaart voorgesteld in de randzone van de westelijke steilrand bergingsmogelijkheden voor afstromend oppervlaktewater van de aangrenzende zandgronden te scheppen. Men wint dan water aan de ondereinde van het systeem, in plaats van, zoals nu, in het directe infiltratiegebied. Landbouwkundig is een deel van de lagere gronden, lokaal bekend als 'klietgronden', weinig interessant: ze zijn te nat door de aanwezigheid van ondiepe dekzandopduikingen[182]. Diezelfde opduikingen bieden overigens ook kansen voor het natuurbeheer - de Woensdrechtse Duintjes waren beroemd vanwege het voorkomen van Stippelzegge in een 1 exemplaar breed bandje, op de grens van zoet en zout. Terugkeer van brakwater in het Zoommeer is dan ook wenselijk; met een zekere peilfluctuatie is men dan overigens ook verlost van de akkerdistelplagen die hier sinds de verzoeting optreden. De aanwezigheid van gescheiden waterbeheersingsstelsels in het verleden, vermoedelijk steunend op jongere èn oudere natuurlijke systemen, onderstreept nog eens de mogelijkheden voor afleiden van, bijvoorbeeld, piekafvoeren van het ene stelsel naar een naastliggend. Het zijn technieken, die vroeger op grote schaal zijn toegepast; in de voorstudie leerden we ze al kennen bij Valkenswaard. O.i. verdienen ze een nieuw leven, al was het maar als noodvoorziening.

Het noorden van West-Brabant heeft de meest bewogen recente geschiedenis van alle gebiedsdelen. De zee had bij een aantal gelegenheden toegang tot dit gebied en op de schorren die daarbij ontstonden kon op den duur veen opgroeien. Uiteindelijk mondde dat uit in hoogveen. Dat zal verbazing wekken, want er lijkt geen groter contrast mogelijk dan tussen de vette, voedselrijke zeeklei en het arme, *"vom Regen nur und Thau des Himmels aufgewachsen"* hoogveen, zoals een Deens geoloog ooit poëtisch schreef. De verklaring daarvoor schuilt in stagnatie van regenwater op die brakke klei - de ionenverhouding in regenwater en zeewater is gelijk en dat biedt dus uitstekende mogelijkheden voor hoogveenvorming. Een zeer aanzienlijk deel van Holland bestond dan ook uit hoogveen en dit deel van Brabant, Hollands tot de Franse Tijd, maakte daar deel van uit. Een deel ervan was ingepolderd toen de St.-Elisabethsvloed toesloeg en hoewel men telkens weer verhalen hoort over tienduizend doden: er is vermoedelijk niemand omgekomen[183]. Dat de Biesbosch kon ontstaan lag aan bestuurlijke meningsverschillen tussen Geertruidenberg en Dordrecht, gevolg van de Hoekse en Kabeljauwse Twisten.

---

[181] R.J.Stuurman et al.(1990):De hydrologische systeemanalyse van westelijk Noord-Brabant en omgeving. DGV-TNO/VU; Delft/Amsterdam. Rapport nr. OS 90-25-A.

[182] J.C.F.M.Haans (1951):Klietgronden. Boor en Spade 4:21-24.

[183] L.F. Texeira de Mattos (1936): De waterkeeringen, waterschappen en polders van Zuid-Holland. Deel IX, afd. VI: Het eiland van Dordrecht en de in Zuid-Holland gelegen landen van den Biesbosch. Den Haag.; S.J.Fockema Andreae (1950b):De Grootè of Zuidhollandse Waard. Studiën over waterschapsgeschiedenis III. Leiden; M.K.E.Gottschalk (1975): Stormvloeden en rivieroverstromingen in Nederland.II.De periode 1400-1600. Assen.

De oorzaak van de doorbraken - er waren er meer in die tijd[184]- lag ook al in bestuurlijke onmacht. Omdat veel van het veen ook in later tijd onder zeewater was komen te liggen, werd het gebruikt om zout te winnen, in eerste instantie als exportproduct naar Engeland, later voor de eigen haring[185]. Er bestonden weliswaar voorschriften m.b.t. de in acht te nemen afstand tot aan de teen van de dijken, maar de aantrekkelijkheid van dat veen zal groot zijn geweest, omdat juist daar veel brakke kwel was. Men hield zich dus niet aan de regels. De werkwijze was betrekkelijk eenvoudig: men stak de turf, liet die drogen, verbrandde die onder een ketel met water en schepte de as daarin om die te laten zieden. Getuige de nog levende uitdrukking "roken als een zoutkeet" zal; de turf wel niet altijd geheel droog zijn geweest.

Hoe dat ook zij, na de ramp van 1421 verbrokkelde West-Brabant tot een reeks veeneilandjes, met soms een oud dijkrestant als kern (Moerdijk, bijv.) of een dekzandhoogte (Fijnaart, Klundert, Willemstad). In dat laatste geval zal juist dat reden zijn hier vestingen aan te leggen; zoet drinkwater is een basisbehoefte en via de ondergrond was contact met het zuidelijke dekzandlandschap. In een enkel geval sluit ook een dijk aan op een dergelijke hoogte.

Basis voor het krekenstelsel lijkt een ouder pleistoceen afwateringsstelsel te zijn geweest[186]. Totdat de Mosterddijk (=mutsaard= rijshout) in het Land van Heusden en Altena werd aangelegd en enkele andere werken, had de zee vrij spel. Omdat nadien ook de Merwededijk naar de zuidzijde doorbrak, kon slibrijk Rijnwater tot ver zuidwaarts doordringen. Op- en aanslibbingen werden successievelijk ingepolderd en op den duur slibden ook de belangrijkste geulen tussen de polders op, met uitzondering van enkele stelsels, die een functie in de afwatering van zowel polders als hogere gronden hadden.

In principe is er in die geulen dus contact mogelijk met de pleistocene basis; in de praktijk zal dat vermoedelijk tamelijk bescheiden zijn, omdat de klei redelijk slecht doorlatend is en in de laatste fase van de opslibbing het fijnste sediment wordt afgezet. Op de grens van zand en klei is daarom redelijk sterke kwel te verwachten - dat leidt dan ook tot het voorkomen van de laatste groeiplaats van Bleek bosvogeltje - en eveneens in de overgangen langs binnengedijkte kreken, maar uiteindelijk vooral aan de binnenranden, in de polders. Dan mengt zich oppervlaktewater met grondwater en het eindresultaat daarvan is tamelijk onvoorspelbaar. Op de kaart zijn dergelijke stroken als geheel als kwelgebied aangegeven, omdat zonder nader terreinonderzoek niet valt uit te maken waar het omslagpunt ligt tussen kwel in de geul zelf en kwel langs de teen van de verhogingen langs de geulen.

Veldonderzoek is hier nadrukkelijk aan de orde, want de beheerskeuzen verschillen als het gaat om de rand van het zand dan wel om verderaf gelegen plaatsen. De zwakte van het zeekleigebied als het om kwel van zoet water gaat is dat pyriet gemobiliseerd wordt. Als er dan veen in de ondergrond aanwezig is, leidt dat tot het verschijnsel dat bij boeren als 'veenrot', bij wetenschappers als 'interne eutrofiering' bekend is. De sterkte ligt in het vermogen als basis voor lokale regenwaterlenzen te fungeren. De daardoor gegenereerde stroming leidt op korte afstanden tot grote verschillen in samenstelling van het grondwater en, daarmee, tot soortenrijke plekken. De schorren bij de Brabantse Wal vormden in dat opzicht mooie voorbeelden, voordat het Zoommeer bewust verzoet werd.

Als het om natuurontwikkeling zou gaan, zou men zich, enerzijds, kunnen concentreren op de randgebieden tussen zand en klei, maar, anderzijds, valt te overwegen om, nu de sluizen in het Haringvliet weer op een kier gaan en wellicht in de toekomst nog wat verder open, in het kader van

---

[184] Zie Gottschalk, op.cit.

[185] Zie voor dit gebied J.Renes(1984): Cultuurhistorisch landschapsonderzoek West-Brabant. Rapport nr. 1692. STIBOKA. Wageningen.

[186] U.Tuinstra(1951): Bijdrage tot de kennis van de Holocene landschapsontwikkeling in het noordwesten van Noordbrabant. Diss.UvA. Groningen/Djakarta.

de gewenste ruimte voor de rivier enkele polders daartoe te bestemmen. Ter indicatie hebben we een paar van dergelijke gebieden aangegeven. Grote kansen liggen er ook voor veenvorming in de brakste delen van het gebied. Verzoeting is een millennia vergend proces – de Eemklei in de Gelderse Vallei geeft nog steeds zout af en voor de oude kustlijn in Twente geldt hetzelfde, terwijl ontwikkeling van een regenwaterlens op brak grondwater een tamelijk eenvoudige en snelverlopende zaak is. De miniatuurhoogveentjes van Waterland, het Merrevliet of de veenmoskussens in drinkpoelen op Zuid-Beveland kunnen daarbij als voorbeelden dienen.

In het 'oude' deel van het rivierengebied, het nooit verzilte deel van de Langstraat en het Land van Heusden en Altena, lagen tot ver in de jaren '50 schitterende blauwgras- en komkleigraslanden. Veenreukgras en Harlekijnorchis waren enkele van de bijzonderheden. De hiervoor beschreven kwelkrater boven Genderen was een mooi voorbeeld, maar ook het Pompveld was een schitterend gebied. De herstelmogelijkheden voor de kwelkrater lijken gunstig.

7.4 De Centrale Slenk en Peelhorst

Een buitengewoon gecompliceerd gebied is de Centrale Slenk. Hier komt de grootste kwelkrater van ons land voor, waarvan de zuidrand bekend staat als het oostelijke deel van de Midden-Brabantrug. De krater lijkt veroorzaakt te zijn door een abrupte kanteling van het maaiveld in noordwestelijke richting. Daarbij is kennelijk veel zoet water naar beneden geperst, zodat de diepe ligging van het zoet-zout-scheidingsvlak bij Eindhoven een tektonische oorsprong lijkt te hebben. De structuur suggereert, dat er ook veel water omhoog geperst moet zijn, zodat een grote kraterwand rond Veghel in het hart van de krater, buigt en haar omhuld. Binnen die wand, die in de rug aangetast lijkt te zijn door een secundaire aardverschuiving – de rug vertoont een deuk in het hart; zuidelijk daarvan ligt een groot fossiel vlechtend stelsel – is in relatie tot de Peelrandbreuk secundair nog weer verzakking opgetreden; aan de voet van één van die treden stroomt de Aa door de rug heen – teken, dat stuwing oostelijk van de rug leidde tot droge plekken aan de voet daarvan. Wijstverschijnselen, derhalve.

De rug zelf lijkt als vereffeningsplek voor drukverschillen in het grondwater op te treden. Men zou kunnen vermoeden, dat door het tektonisch geweld fijnere fracties verspoeld zijn, zodat er een goed doorlatend rug achterbleef[187]. De aanwezigheid van ondiep Bøllingveen is daarmee niet in tegenspraak; veen zorgt voor de eigen afdichting, zoals we zagen. De top is voor het overige gekenmerkt door een groot aantal 'flessenbodems'. Dat wijst in het algemeen op wegzijging, hetgeen lokale kwel niet uitsluit. Die zien we dan ook. We leiden de hydraulisch eigenschappen af uit secundaire kwelkraters aan de westelijke arm (zie Figuur 59): ze zijn alle groot genoeg om te wijzen op grote drukverschillen en we vermoeden, dat van de Peelhorst afstromend water daarvoor verantwoordelijk is. De rug zelf is een inzijgingsgebied; we vermoeden, dat de ligging van het zoet-zout-scheidingsvlak nog niet stabiel is, maar zich nog zou kunnen verdiepen. Met het huidige ontwateringsstelsel is het overigens de vraag of het daar van komt: op meerdere plaatsen wordt de rug nu doorsneden. Binnen de rand is alle stroming gericht naar het centrum, afgaande op de richting van de ruggen in de krater. De achterrand lijkt als waterscheiding met het achterliggende gebied te fungeren; de Dommel begrenst de westzijde van dat zuidelijker gelegen gebied.

Het westelijke deel van de Midden-Brabantrug blijkt niet in het verlengde te liggen van het oostelijke deel en lijkt daar genetisch ook weinig mee van doen te hebben. De strekking ervan lijkt vooral bepaald door de opwelving van de diepere ondergrond, kenbaar ook aan de opwelving van het zoet-zout-scheidingsvlak. In de rug is eigenlijk slechts op één plaats sprake van een terreinverhoging, n.l. bij Liempde. Voor het overige was weliswaar vroeger sprake van een langgerekte strook heide, maar het terrein helde onmiskenbaar redelijk gelijkmatig af naar het noordwesten af. De verhoging bij Liempde lijkt een laatste uiting van een begraven afvoerstelsel in het gebied zuidelijk van de kraterrand. Een bijkaartje van de geologische kaart voor dit gebied laat enkele ruwweg naar het

[187] De verlegging van de Maas moet een vergelijkbare ingrijpende gebeurtenis zijn geweest. Het zou aardig zijn als beide gebeurtenissen eens wat nader gedateerd zouden kunnen worden.

westen afstromende stelsels zien. Hoewel voor het aangrenzende blad niet dezelfde systematiek is gevolgd heeft het er veel van, dat Liempde, dat ook al het karakter van een kwelkrater heeft, daarmee samenhangt. De hoogtekaart en dit kaartblad van de geologische kaart suggereert dus een wat andere constellatie van hydrologische stelsels dan Engelen, Gieske en Los aangaven: vanaf de Peelhorst lijkt water onder de Dommel door te stromen.

Een zeer opvallende structuur is het 'hoefijzer van Tilburg'. Het dekzand is hier maar dun en op geringe diepte kan men al forse stenen en grind aantreffen. De noordelijke arm wordt gevormd door de Loonse en Drunensche Duinen, de zuidelijke is wat verbrokkeld. Het Helvoirtsche Broek c.a. vormt de oostelijke begrenzing. De ondergrond daarvan is een Eemien-podzol, niet het oude smeltwaterdal waarvoor het gewoonlijk versleten wordt[188]. Er gaapt hier dus een enorme afzettingslacune en de aanwezigheid van die keien in de ondiepe ondergrond levert tegelijkertijd een verklaring voor de diepte van het zoet-zout-scheidingsvlak: keien stuiven niet. In een tijd dat de terrassenkruising van de grote rivieren ver westelijk lag en er dus vooral erosie plaats vond in deze omgeving, spoelde het fijnere materiaal ongetwijfeld uit, maar er bleef dankzij het grovere sediment een hoogte over. Die kon als wegzijgingskern fungeren.

Het hoefijzer heeft intussen veel weg van een oude kwelkrater, zij het, dat de noordelijke tak verjongd en verlengd lijkt te zijn. Dat valt althans af te leiden uit een tweetal aanvankelijk afgestorven bekenstelsels, waarvan de benedenloop doodloopt tegen de kraterwand. Ze zijn later met veen gevuld geraakt, afgegraven en daarna als vloeiweide in gebruik genomen.

Noordelijk van de Midden-Brabantrug overheerste tijdens de afzetting van het dekzand kennelijk redelijk droge omstandigheden, want het gebied is betrekkelijk vlak en er kwam later nogal wat veen tot ontwikkeling. Toch dringen er enkele dekzandruggen in door en de situatie is hier buitengewoon gecompliceerd: deels zijn het systemen, die samenhangen met de Peelhorst (en die zijn in het noorden deels verspoeld door de grote rivieren), voor een ander deel met de hogere gronden westelijk van de Centrale Slenk. Wat wat is, blijft intussen onduidelijk; zeker is wel, dat enkele stelsels haaks op elkaar staan en elkaar kruisen. Het culminatiepunt van alle stelsels is de ruitvormige dekzandrug van Vught, met uitlopers naar Den Bosch en verder noordwaarts als een klein, door wielen gemarkeerd, sliertje dekzand, waarop vele forten lagen.

Gaan we dan naar de Peelhorst, dan vinden we halverwege de merkwaardige structuur, die het omslag van dit rapport siert en die we de 'Buffelhoorn' hebben genoemd. Zelden zal men zo grootschalige verstopping hebben gezien - deze structuur alleen al maakt duidelijk, dat het begrip 'waterscheiding' wat minder eenduidig is dan goed is voor de gemoedsrust. De oostelijke rand van de Peelhorst kent daarnaast een aantal op kwelkraters lijkende structuren, die we beschouwen als het resultaat van terugschrijdende erosie. In het hart van een enkele daarvan wordt overigens een lichte terreinverhoging aangetroffen en dan is er dus wel degelijk sprake van een (verstopte) bron.

In de Venlograben, oostelijk van de Peelhorst en daarvan soms door een steilrand gescheiden, tenslotte, verraden oude pleistocene structuren, met in vochtige toestand zeer slecht doorlatende kleien (het Limburgse Koningsven lag op zo'n klei), dat de Maas op deze plaats enerzijds oude wortels heeft, maar nu een betrekkelijke nieuwkomer is.

---

[188] Palynologisch onderzoek vond plaats door B. Polak (A buried Allerød pine-forest. Act. Bot.Neerl. 12(1963)533-538) en P.Buurman (Pollen analysis of the Helvoirt river valley. Geol.& Mijnb.49, 5(1970)381-390). Interessant is dat onder het hart van de laagte podzolen - aanwijzing voor wegzijging - zijn aangetroffen onder Eemienafzettingen. Dat zou er dus op kunnen wijzen, dat de hoofdgeul inderdaad naast het broek lag en dat er dus ook een bewijs uit het ongeruimde voor reliëfomkering is: hier ligt een vroegere hoogte, die tot laagte verworden is doordat de hoofdgeul volstoof tot een hoger niveau dan dat van de oude naastliggende hoogte.

Blikken we dan nog eens naar de ontwikkelingsmogelijkheden voor de Centrale Slenk en oostelijk Brabant, dan gelden in feite dezelfde recepten als in westelijk Brabant, met dien verstande, dat hoogveen op een brakke ondergrond hier niet wel mogelijk is. Ruimere mogelijkheden zijn er voor bevloeiing en voor alle varianten op dat thema en we zouden er toch een lans voor willen breken om de oude techniek van de hoogste gronden bevloeien bij hoge afvoeren niet zonder meer af te wijzen. Juist in de voormalige heiden levert bestaande bebouwing minder knelpunten op dan in of nabij beekdalen - daar zijn immers ook de dorpen geconcentreerd. En voor natuurterreinen geldt, dat sloten er in feite niet thuis horen: ze zijn gegraven om gemakkelijker turf te kunnen winnen en doel van het beheer zou moeten zijn om nu juist de veenvorming weer te stimuleren. Plaggen van randen hoort daar niet bij; overigens - daarmee wordt de grens van het ven teruggezet. Over typische vennensoorten behoeft men zich ook bij verlanding geen echte zorgen te maken: het veencomplex legt preferent kalk vast en beïnvloed daarmee de verhoudingen in het water, ten gunste van juist die licht mesotrofe soorten die men graag ziet. In ongebufferde wateren is humus de buffer!

Moge Brabant bloeien.

8 Nawoord

De Landschapsecohydrologische Structuurkaart (Landschapsecohydrologische Structuurkaart) voor de Provincie Noord-Brabant is de eerste provinciebrede landschapsecologisch systeemkaart die ooit is vervaardigd. Hiermee heeft de Provincie een uitzonderlijke stap gezet en een bijzonder product gekregen.

De LES-kaart biedt niet alleen een overzicht over de landschapsvormen die deze grote en gevarieerde provincie rijk is, maar geeft ook een toetsbare verklaring voor hun ontstaan en functioneren. Vele van deze vormen zijn zelfs nieuw voor de wetenschap. De analyse van deze landschapsvormen heeft ook geleid tot een beschouwing over de wordingsgeschiedenis en het landschapsecologisch systeem van de Provincie Noord-Brabant als geheel. Op deze twee grondslagen is een nadere landschapsecologische indeling gemaakt van waterbeheersingtypen: kwel, berging, retentie en vasthouden. Wel moet worden benadrukt dat de kaart alleen geschikt is voor gebruik op grotere schaal. Detailvragen vergen detailstudie.

De LES-kaart is niet het laatste woord. Vooruitgang in kennis en kunde is uitsluitend te bereiken door op basis van alle beschikbare kennis - hypothesen te formuleren en deze vervolgens te toetsen. Zo ook met de LES-kaart: de hier geponeerde landschapsvormen, hun interpretaties en hun functioneren staan allemaal open voor discussie. Een herziene mening, op basis van feiten en in een geregelde discussie brengt ons inzicht verder en helpt ons om ons landschap beter te begrijpen en leefbaar te maken voor mens, plant en dier.

Bij het opstellen van de LES-kaart hebben wij ondersteuning gehad van Ir. A.L. Visser-Grijp en drs E.J. Oosterbeek van de Provincie Noord-Brabant (resp. Afdeling Water en van de Afdeling Natuur en Landschap). Daarnaast hebben wij vruchtbare bijeenkomsten gehad met de klankbordgroep die bestond uit : A. Vrielink (Waterschap Aa en Maas); H. Smeets (Waterschap Alm en Biesbosch); S. Krook (Brabantse Milieu Federatie); A.W.M. Mol, M.C. Visser en Y. Graafsma (alle drie Provincie Noord-Brabant); P. van Dijk (Waterschap Brabantse Delta); J. de Hoog, A. van der Looy en C. Ceelaert (alle drie van Waterschap De Dommel); J. Hendriks (Staatsbosbeheer) F. van Erve (Stichting Brabants Landschap); K. Laarhoven (Natuurmonumenten) en J. Elshof (ZLTO).

Buiten deze groep hebben verschillende personen geholpen om onze gedachten te toetsen en verder aan te scherpen. Hun bereidheid om zich over ons materiaal te buigen en dat te helpen begrijpen was bijzonder en vruchtbaar. Een en ander wil niet zeggen dat zij onze meningen hoeven te delen en de verantwoordelijkheid voor inhoud van deze kaart en rapportages ligt volledig bij beide auteurs. Wij bedanken de heer W. Leenders (Udenhout), bodemkundige (Stiboka/Alterra) en groot en enthousiast kenner van de ondergrond van de Provincie Noord-Brabant. De heren P. Kiden en A. Menkovic beiden geoloog bij NITG-TNO (Utrecht) en Prof. Dr. J. Vandenberghe (Vrije Universiteit Amsterdam) hebben ons zeer veel inzicht verschaft in de vorming van de ondergrond van de Provincie Brabant. Verder zijn vruchtbare gesprekken gevoerd met P. van de Munckhoff (Oranjewoud - Oosterhout) en met Mw. H. (Hanneke) van den Ancker en Prof. Dr. P Jungerius van Bureau Geomorfologie en Landschap en van Platform Aardkundige Waarden (Ede), en Dr. J van Mourik (IBED - Universiteit van Amsterdam).

9 BIJLAGE: Begrippenlijst

Bevloeiing: water, afkomstig van eigen gebied of van elders, wordt over landbouwgronden van de ene waterloop (beek) naar de andere (laak) geleid. Als hiervoor infiltratiegebieden worden gekozen draagt deze methode bij aan het verhogen van de grondwaterstand.

Inundatie: het onder water komen van land met gebiedseigen water. Hiervan zal de waterkwaliteit over het algemeen redelijk tot goed kunnen zijn en zonder slib.

Kwel: grondwater, dat toestroomt uit naastgelegen of hoger gelegen gebieden en door opwaartse druk in het oppervlaktewater terechtkomt of in de bodem opstijgt tot in de wortelzone of in het maaiveld

Natuurpotenties: de in het gebied aanwezige mogelijkheden voor het ontwikkelen van natuurwaarden. Op zich een neutraal begrip, maar vaak gebruikt in die situaties waarin meer waardevolle, want zeldzamer, vegetatietypen kunnen gaan voorkomen.

Overstroming: het onder water komen van land met gebiedsvreemd water. Hiervan zal de waterkwaliteit over het algemeen slecht zijn, en zal slib worden meegevoerd.

Retentie: gebiedseigen water wordt hier in natuurlijke laagten langdurig vastgehouden. Er is dus water aan het oppervlak zichtbaar en afvoer vindt plaats via natuurlijke weg (infiltratie, verdamping) en niet zozeer via doorstroming.

Vasthouden: eigen water vasthouden door inundatie of stagnatie. Water wordt dus vastgehouden in de bodem en is hooguit zichtbaar in verhoogde slootpeilen.

Veerkracht: het vermogen van (delen van) land- en watersystemen om zodanig te reageren op tijdelijke veranderende omstandigheden of verstoringen dat essentiële kenmerken en functies behouden blijven of zichzelf herstellen

Verdroging: verschijnsel dat optreedt als door menselijk ingrijpen de kwel afneemt, de grondwaterstand daalt of de oppervlaktewaterkwaliteit verslechtert door het inlaten van gebiedsvreemd water

Vernatting: het door natuurlijke oorzaken of menselijk toedoen stijgen of minder ver uitzakken van de grondwaterstanden en/of oppervlaktewaterpeilen

Water berging: het tijdelijk opslaan van wateroverschotten afkomstig van hevige neerslag of hoge rivierafvoeren in bodem (grondwater), oppervlaktewateren of boven het maaiveld (in retentiebekkens of calamiteitenpolders) ter voorkoming van wateroverlast elders. Water wordt dus na verloop van enige tijd weer afgevoerd en er is dus sprake van doorstroming.

Waterbeheer: synoniem voor het begrip waterhuishouding, waarbij de overheidszorg zich richt op het feitelijk beheer (fysieke maatregelen), het juridisch beheer (vergunningen en dergelijke) en de daaraan voorafgaande planvorming

Waterbeleid: het geheel van plannen, onderzoeken en bestuurlijke maatregelen in samenhang met andere beleidsterreinen dat dient om te komen tot het beoogde waterbeheer in al haar facetten

Waterconservering: het voorkomen dat water uit een gebied weg vloeit, maar juist in de ondergrond of in opvang- en retentiebekkens in het gebied aanwezig blijft.