

# Geografische referenties; de Biebrza-vallei als voorbeeld

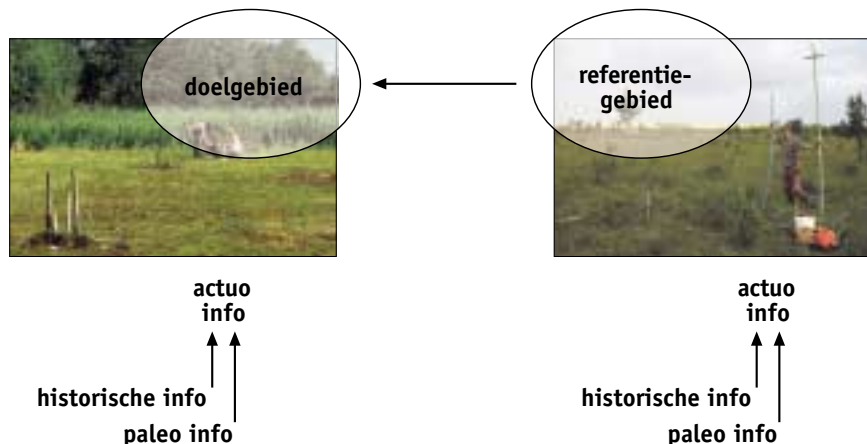
De Biebrza staat model voor een middelgrote laaglandrivier omgeven door overstromingsvlaktes en venen. Is echter zo'n afgelegen referentiegebied wel bruikbaar voor natuurherstel en -ontwikkeling in Nederland? We betogen dat een zinvolle vergelijking van gebieden in het heden ook een terugblik in de tijd vergt. De combinatie van informatie uit het verleden en het heden in zowel het referentiegebied als het te herstellen gebied, levert inzicht in de verschillen en overeenkomsten en hun oorzaken. Daarbij blijkt dat analyse van patronen dominante processen blootlegt die richtinggevend kunnen zijn voor herstelmaatregelen in vergelijkbare gebieden in Nederland.

De Biebrza-vallei is een inspiratiebron, een streefbeeld en een referentie. Een inspiratiebron voor Poolse en buitenlandse natuurliefhebbers. Voor de buitenlanders vooral om te zien hoe het nog kan zijn en om weer terug in eigen land tevreden te kunnen zijn met 'mindere' natuur. Ook voor kunstenaars, getuige het prachtige boek waarin een internationaal gezelschap schilders en tekenaars hun impressies van dit indrukwekkende landschap vastlegde (Artist for Nature Foundation, 1993). De Biebrza-vallei is tevens een streefbeeld voor beleidsmakers en beheerders van andere gebieden. Deze ontlene hun doeltypen mede aan de ecosystemen uit de Biebrza-

vallei en ze hebben een beeld voor ogen om naar te streven bij natuurherstel en -ontwikkeling in Nederland dat mede gebaseerd is op de (landschaps)beelden die ze in de Biebrza-vallei gezien hebben (zie Van Leerdam & Vermeer, 1992; Van Leerdam et al., 1993; Bal et al., 1995). Waar het in deze bijdrage om gaat is de referentie, iets om naar te verwijzen, je op te beroepen. In dit geval een geografische referentie: een relatief ongestoord gebied elders, dat als ijkpunt fungeert om verstoorte gebieden mee te vergelijken. Over de Biebrza-vallei is regelmatig geschreven in de (inter)nationale literatuur, zowel door Poolse als door bui-

MARTIN WASSEN  
MARGIEN BOOTSMA  
WLADIMIR BLEUTEN

Dr. M.J. Wassen,  
Dr. M.C. Bootsma en  
Dr. W. Bleuten, Faculteit  
Ruimtelijke Wetenschappen,  
Universiteit Utrecht,  
Postbus 80.115, 3508 TC  
Utrecht.  
m.wassen@geog.uu.nl



**Figuur 1** Mogelijke werkwijze bij het samenvoegen van informatiebronnen in referentie-onderzoek ten behoeve van natuurherstel en -ontwikkeling in een aangetast doelgebied.

**Figure 1** Linking information sources in ecological reference studies aiming at restoration of disturbed ecosystems.

tenlandse onderzoekers. Slechts sporadisch werd de Biebrza-vallei expliciet gebruikt als referentie (De Smidt *et al.*, 1990; Wassen, 1990, 1992, 1996; Barendregt & Van Leerdam, 1992; Molenaar *et al.*, 1994; De Mars, 1996; Wassen *et al.*, 1996; Bootsma, 2000; Bootsma *et al.*, 2000). De vraag die we ons stellen is: welke informatie levert een referentiegebied en hoe kun je die informatie gebruiken bij natuurherstel en –ontwikkeling hier? We pleiten daarbij voor een geïntegreerde benadering waarbij informatie uit het verre verleden (paleo-informatie), het recente verleden (historische informatie) en het heden (actuo-informatie) samenkomen, zowel in het referentiegebied als in het te herstellen gebied (doelgebied; Figuur 1). Dat zullen we illustreren door de Biebrza-vallei en twee Nederlandse gebieden, de Hollands-Utrechtse Vechtstreek en het Gorecht in het Drents-Groningse Hunzedal, te analyseren en conclusies te trekken op basis van verschillende informatiebronnen. Deze bronnen zijn geomorfologie en reliëf, stratificatie en ruimtelijke verspreiding van veentypen, hydrologie, waterkwaliteit en vegetatie.

### Voor welke gebieden kan de Biebrza-vallei als referentie dienen?

De Biebrza-vallei kan als referentie fungeren voor Nederlandse laagveengebieden als de Vechtstreek, De Wieden en de Weerribben en voor beekdalen in Noord-Nederland zoals de Drentse Aa, de Hunze, de Boorne en de Overijsselse Vecht. De ontstaansgeschiedenis, geomorfologie en topografie van Noordoost-Polen komen overeen met die van Noord-Nederland; de hogere zandgronden zijn in deze gebieden ontstaan door glaciële stuwings (Berendsen, 1996; Bootsma *et al.*, 2000). Er zijn wel verschillen in klimaat. Nederland heeft een Atlantisch kli-

maat met zachte winters en een neerslagoverschot van ca. 300 mm/jaar, terwijl het subcontinentale klimaat van Noordoost-Polen strengere winters kent en een geringer neerslagoverschot (ca. 150 mm/jaar). Deze klimaatsverschillen hebben echter geen dominante invloed op de flora: 96% van de plantensoorten die in de Biebrza-vallei voorkomen behoort ook tot de Nederlandse flora (Bootsma, 2000) en het neerslagoverschot is in beide gebieden voldoende voor veenvorming.

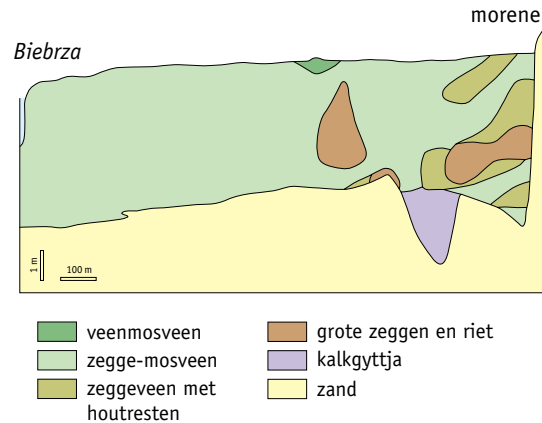
De hydrologie en hydrochemie van de Biebrza-vallei verschillen wel behoorlijk van die in de Nederlandse gebieden. Dit is echter vooral het gevolg van de grotere mate waarin de mens de hydrologie in Nederland naar zijn hand heeft gezet (Wassen *et al.*, 1996; Bootsma, 2000). Toch is de conclusie gerechtvaardigd dat de belangrijkste landschapsecologische factoren (klimaat, lithologie, geomorfologie en reliëf, grond- en oppervlaktewater en bodem; cf. Klijn & Udo de Haes, 1990) in principe in de Biebrza-vallei een vergelijkbare rol spelen als in Noord-Nederlandse beekdalen, Noordwest-Overijssel en de Vechtstreek. Voor de beekdalen in de Brabantse en Kempense dekzandgebieden (Merkske, Dommel, Zwarte Beek) en voor de Limburgse beekdalen zoals die van de Geul, Worm, Swalm en Roer is de Biebrza-vallei geen geschikte referentie wegens de verschillen in ontstaansgeschiedenis, die hebben geleid tot een andere lithologie, bodem en reliëf.

### Een blik in het verre verleden

Venen bieden de mogelijkheid om door analyse van de macroresten van planten (en dieren) de ontwikkelingsgeschiedenis te reconstrueren vanaf het prille ontstaan, meestal het begin van het Holoceen.

## Biebrza-vallei

In de bovenloop van de Biebrza begon de afzetting van organisch materiaal in open water, getuige de meerafzettingen (kalkgyttja) in de depressies in de zandige ondergrond (Figuur 2). Ook in de omgeving van het hier gepresenteerde profiel werden veelvuldig meerafzettingen aangetroffen (Oswit, 1990; Heesters *et al.*, 1995). Daarna bestaat het veen voornamelijk uit zegge-mosveen, met plaatselijk houtresten (van met name Els) die vooral te vinden zijn langs de flank van de aangrenzende morenerug en lokaal resten van Riet. Ook Oswit (1990) presenteert veenprofielen van de Biebrza bovenloop waar houtresten uitsluitend voorkomen langs de dalrand. Slechts op één plek is op geringe diepte veenmosveen aangetroffen (Figuur 2). Ook in de omgeving hebben we bij een veenmoskartering slechts sporadisch veenmosveen aangetroffen tot een diepte van maximaal 20 cm. Dankzij het gezamenlijke werk van paleobotanici, veenecologen en veenhydrologen zijn venen ingedeeld in zogenaamde hydrologische veentypen (zie Moore & Bellamy, 1974; Succow, 1988). Op basis van de aangetroffen veentypen kunnen we concluderen dat het veen in de bovenloop van de Biebrza zich ontwikkelde onder invloed van een permanente grondwaterstroom, dat overstromingen door rivierwater weinig voorkwamen en dat de invloed van regenwater gering was. Boomgroei bleef



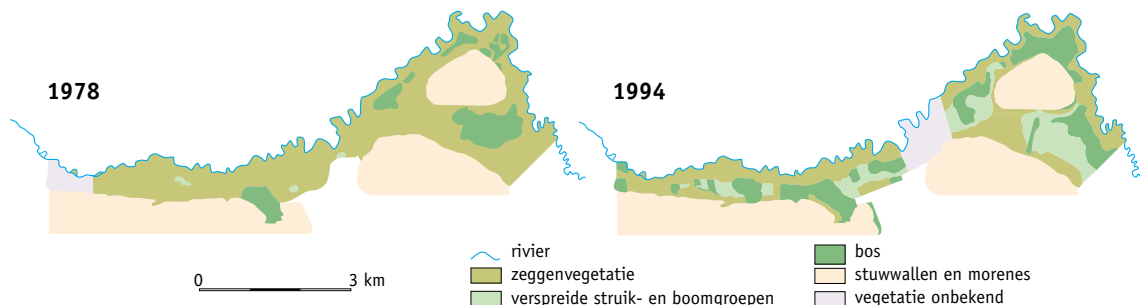
**Figuur 2** Schematische doorsnede van de veenstratigrafie langs een transect door de bovenloop van de Biebrza-vallei (Polen) (naar Wassen & Joosten, 1996).

**Figure 2** Peat-stratigraphy along a transect from moraine to river in the Biebrza Upper Basin (Poland).

vooral beperkt tot de vroege ontwikkelingsfase en tot de dalrand. Waarschijnlijk konden bomen zich alleen vestigen in droogteperiodes. Na verloop van tijd verdween de boomopslag weer doordat de bomen omwoeien in het slappe veen of verdronken in het verder groeiende natte veen. Het veen was dus bijna altijd vrijwel boomloos. Uit figuur 3 blijkt dat dat nu wel anders is. Tussen 1978 en 1994 is de opslag van struiken en bomen toegenomen.

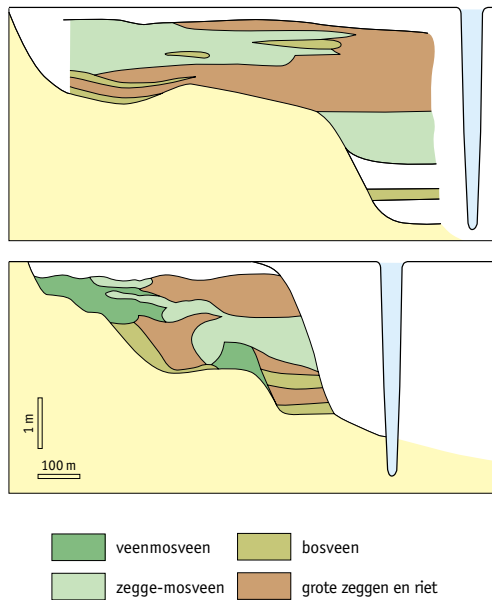
## Nederland

Figuur 4 toont twee profielen die dwars door het Gerecht-gebied lopen van de Hunze naar de Hondsrug. In deze profielen zien we vooral afwisselend lagen van zegge-mosveen en veen bestaande uit grote zeggen en Riet.



**Figuur 3** Vegetatiekaart van een deel van de bovenloop van de Biebrza-vallei (Polen) in 1978 en 1994 (naar Palczyński (1984) en Heesters *et al.* (1995)).

**Figure 3** Vegetation map of the Biebrza Upper Basin (Poland) in 1978 and 1994 showing scrub encroachment and succession to woodland.

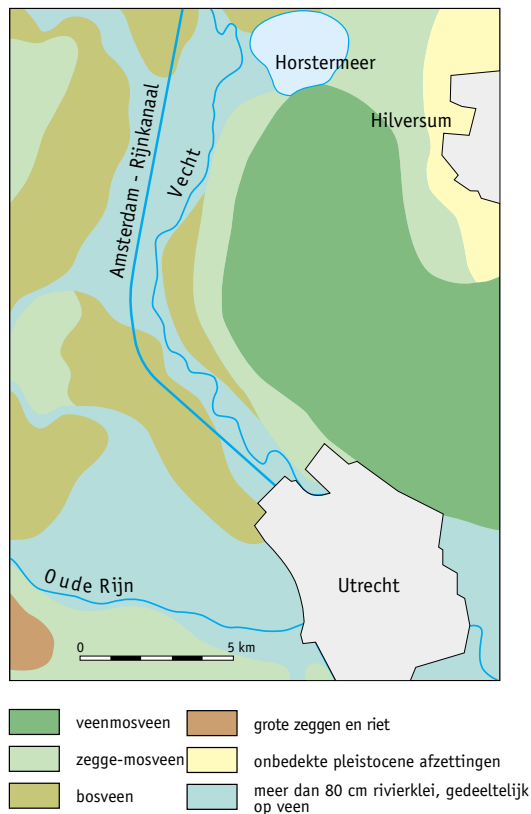


**Figuur 4** Schematische doorsnede van de veenstratigrafie langs twee transecten in het Gorecht-gebied lopende van de Hondsrug naar de Hunze (naar Van Diggelen *et al.*, 1991).

**Figure 4** Peat-stratigraphy along two transects from valley border to the river in the Gorecht area.

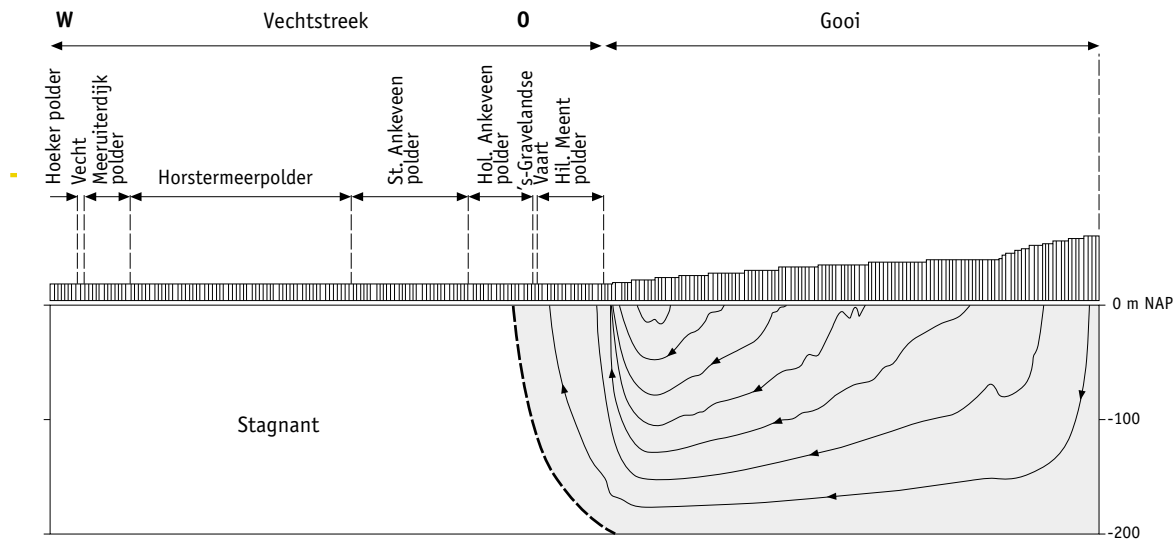
**Figuur 5** Vermoedelijke verbreiding van veensoorten in het zuidelijk deel van de Vechtstreek vóór de vervinging (naar Bakker *et al.*, 1976).

**Figure 5** Distribution of peat types in the Vecht river plain before large-scale peat digging and reclamation.



In het bovenste profiel wordt langs de dalrand gedurende vrijwel de gehele ontstaansgeschiedenis zegge-mosveen gevormd, terwijl in het andere profiel langs de flank van de Hondsrug vooral veenmosveen groeide. Gezien de samenstelling van het veen heeft langs de Hondsrug de voeding lokaal blijkbaar permanent uit kwelwater bestaan, terwijl op een andere plek langs de rug regenwater domineerde. Dichter bij de rivier domineerde overstroming gedurende bijna de gehele ontwikkelingsgeschiedenis (Van Diggelen *et al.*, 1991).

Van de Vechtstreek zijn geen aaneensluitende dwarsdoorsneden beschikbaar, omdat het gebied verveend is. Wel is een kaart geconstrueerd van de vermoedelijke verbreiding van veensoorten vóór de vervinging (Figuur 5). Opvallend is het grote oppervlak aan veenmosveen. Langs de rand van de stuwwal komt een zone met zeggeveen voor en langs de rivier bosveen. Blijkbaar bleven de overstromingen beperkt tot een vrij smalle zone langs de rivier en trad er aan de voet van de stuwwal van het Gooi kwelwater uit. De brede zone daartussenin werd gevoed door regenwater: een hoogveenkern. In het achter de duinen gelegen vlakke West-Nederlandse gebied zijn vanaf 6000 jaar geleden tussen de rivierlopen overal dergelijke hoogveenkernen tot ontwikkeling gekomen. Later verdronk veel van dit hoogveen door de stijging van de grondwaterspiegel onder invloed van de zeespiegelstijging (Berendsen, 1996). Schot & Molenaar (1992) reconstrueerden de hydrologie van de Vechtstreek, zoals die moet zijn geweest vóór de vervingingen, op basis van een schatting van grond- en oppervlaktewaterpeilen en doorlatendheden van de aanwezige sedimenten en het veen. Hun simulatie toont inderdaad kwel in de zone grenzend aan het Gooi en verderop een stagnant grondwaterlichaam (Figuur 6). De enige bron waaruit dit grondwaterlichaam gevoed kan zijn geweest is het neerslagover-



**Figuur 6** Reconstructie van de grondwaterstroming van het Gooi naar de Vechtstreek vóór de vervening en inpoldering (FLOWNET simulatie). Topografische namen verwijzen naar de huidige polders. Verticale balkjes geven de grondwaterstijg-hoogte weer, pijlen geven grondwaterstroomlijnen weer (naar Schot & Molenaar, 1992).

**Figure 6** Reconstruction of the original groundwater flow pattern in the Vecht river plain (simulated with FLOWNET) before large-scale peat digging and creation of polders. Topographic names refer to polders created later.

schot. Deze simulatie bevestigt dus de hoogveenkern van de veenverbreidingskaart.

## De afgelopen eeuwen

### Biebrza-vallei

Het landgebruik in de Biebrza-vallei is de afgelopen eeuwen niet drastisch geïntensiveerd. Net als elders in Europa zijn grote delen van de hogere zandgronden ontbost. Echter, de meest verstrekkende ingreep in de hydrologie is het graven van een aantal kanalen in de eerste helft van de 19de eeuw geweest, waardoor een deel van de middenloop is ontwaterd. Afgezien van deze poging om de agrarische waarde van de grond te verhogen, heeft het landgebruik in de Biebrza-vallei zich aan de omstandigheden aangepast en is het agrarisch gebruik van de venen beperkt tot maaien, begrazen en het hier en daar graven van greppels.

### Nederland

In de Vechtstreek (als voorbeeld van de Nederlandse situatie) kent de verstoring van ecosystemen daarentegen een lange historie. Vanaf circa 1000 jaar geleden is de Vecht bedijkt en werd het veen ontwaterd en afgegraven.

Veel veen verdween ook door mineralisatie, hetgeen uiteindelijk geresulteerd heeft in het verdwijnen van het hoogveen in de Vechtstreek (Baas, 2001). De Vechtplas-ten ontstonden doordat de te smalle legakkers tussen de petgaten wegsloegen (Borger, 1992). De daaropvolgende ontginningen, droogmakerijen, inpolderingen, opeenvolgende polderpeilverlagingen en grondwateronttrekkingen hebben geresulteerd in het huidige landschap, waarin de waterhuishouding kunstmatig is en niet meer door de natuurlijke geomorfologie wordt bepaald (Schot & Molenaar, 1992). Deze ontwikkelingen hebben, tezamen met toegenomen vervuiling van het oppervlaktewater, grondwater en de atmosferische depositie geleid tot een verandering in het voorkomen van soorten en plantengemeenschappen (Van den Berg & De Smidt, 1985; Weeda et al., 2000).

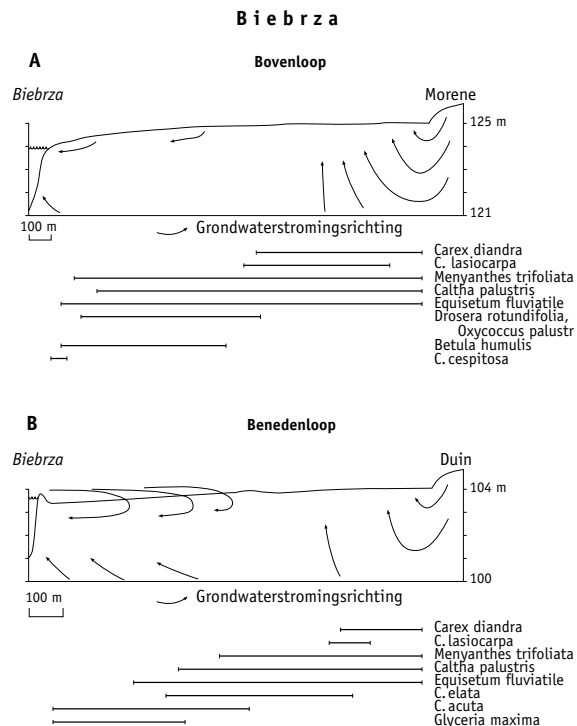
## De huidige situatie

### Grondwaterstroming en verspreiding van plantensoorten

De hydrologie en de vegetatie van de Biebrza-vallei, het Gorecht-gebied en de Vechtstreek zijn goed onderzocht. Van de Nederlandse gebieden zijn geohydrologische ge-

**Figuur 7** Schematische weergave van de grondwaterstroming (FLOWNET simulatie) en de verspreiding van een aantal plantensoorten langs een transect van de hogere gronden (rechts) tot de rivier (links) in de bovenloop en de benedenloop van de Biebrza-vallei (naar Wassen *et al.*, 1996).

**Figure 7** Cross-sections of the Biebrza valley from the upland (right) to the river (left) showing schematic groundwater flow pattern (simulated with FLOWNET) and distribution of plant species.



gevens beschikbaar tot een diepte van 250 m. In Polen zijn slechts gegevens beschikbaar tot een diepte van ca. 15 m op de hogere gronden en ca. 5 m in het dal. Voor alle drie de gebieden zijn FLOWNET-simulaties uitgevoerd (zie Schot, 1989; Burkunk, 1990; Schot & Moleenaar, 1992; Hanssen & Van Leersum, 1992; Van Diggelen *et al.*, 1994; Heesters *et al.*, 1995) en is de verspreiding van plantensoorten gekarteerd langs een aantal representatieve transecten.

### Biebrza-vallei

In de bovenloop van de Biebrza lijkt het stromingspatroon van het grondwater op dat in de Vechtstreek vóór

de verving (vergelijk Figuur 6 met Figuur 7a): kwel aan de voet van de stuwwal en veel minder grondwaterflux verderop in de richting van de rivier, hetgeen wijst op een vrij stagnante situatie. Omdat er in de Biebrza een dicht net van stijghoogtebuizen geplaatst is die in verschillende seizoenen bemonsterd zijn, weten we dat er in de 'stagnante zone' regenwater infiltreert maar tevens een laterale en soms opwaarts gerichte grondwaterstroming optreedt. Overstroming door de rivier is in de bovenloop beperkt tot een enkele tientallen meters brede zone. In de benedenloop (Figuur 7b) treedt kwel op uit een duinencomplex dat hier grenst aan het veengebied en mogelijk ook uit de daarachter liggende morenes. Het grootste deel van het veen wordt jaarlijks overstroomd door de rivier (zie ook Wassen, 1996).

Zowel in de boven- als de benedenloop komt een aantal soorten van matig voedselrijke omstandigheden uitsluitend voor in de kwelzone: Ronde zegge (*Carex diandra*) en Draadzegge (*Carex lasiocarpa*), die in Figuur 7 zijn aangegeven, staan daarbij voor een groter aantal soorten waaronder Parnassia (*Parnassia palustris*), Schubzegge (*Carex lepidocarpa*), Blauwe zegge (*Carex panicea*) en Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*). Soorten die toleranter zijn voor iets voedselrijkere omstandigheden komen langs het grootste deel van beide transecten voor: Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), Dotterbloem (*Caltha palustris*) en Holpijp (*Equisetum fluviatile*). Soorten die in hun verspreiding beperkt zijn tot de zone in de bovenloop waar regenwaterinfiltratie optreedt zijn: Struikberk (*Betula humilis*), Ronde zonnedauw (*Drosera rotundifolia*), Veenbes (*Oxycoccus palustris*) en Moerasrozemarijn (*Ledum palustre*). Soorten van voedselrijke omstandigheden die tolerant zijn voor inundatie zijn in de bovenloop beperkt tot een smalle zone langs de rivier (Polzegge (*Carex cespitosa*)), terwijl ze in de benedenloop naar afnemende inundatie-



tolerantie gerangschikt zijn in brede zones in de overstromingsvlakte (respectievelijk Liesgras (*Glyceria maxima*), Scherpe zegge (*Carex acuta*) en Stijve zegge (*Carex elata*)).

## Nederland

In het Gorecht-gebied zijn de overstromingen uitgebannen door bedijking van de Hunze. De grondwaterhouding wordt gedomineerd door een drinkwateronttrekking ter grootte van 18 miljoen m<sup>3</sup>/jaar (Figuur 8a). Deze hydrologische put trekt uit de wijde omgeving grondwater aan; ook het freatisch water uit de Hondsrug en brak diep grondwater. Grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus*) en Waterviolier (*Hottonia palustris*) worden aangetroffen in sloten langs de voet van de Hondsrug die gevoed worden door grondwater uit deze rug dat afstroomt over de keileem. Het voorkomen van Ronde zegge en Draadzegge is beperkt tot enkele sloten iets verder in het veengebied. Holpijp is te vinden zowel in de kwelzone langs de Hondsrug als in een smalle zone langs de Hunze en het Zuidlaardermeer waar kwel van rivier- en meerwater optreedt. Alleen soorten van hoogproductieve moerasvegetaties zoals Grote boterbloem (*Ranunculus lingua*) en Noordse zegge (*Carex aquatilis*) worden verspreid aangetroffen in vrijwel het gehele gebied (Van Diggelen *et al.*, 1990).

In de Vechtstreek treedt evenmin overstroming op. Hier wordt de grondwaterstroming bepaald door onttrekkingen in het Gooi en door verschillen in waterpeilen tussen de polders (Figuur 8b; Witmer, 1989; Schot, 1991). Vooral de diepgelegen Horstermeerpolder trekt veel water aan, zowel water uit de Vecht en de omliggende plassen, als diep brak grondwater en water dat afkomstig is uit verderop gelegen polders en het Gooi. Slechts een klein deel van het regenwater dat in het Gooi infiltrateert stroomt als grondwater in de richting van de Vecht-

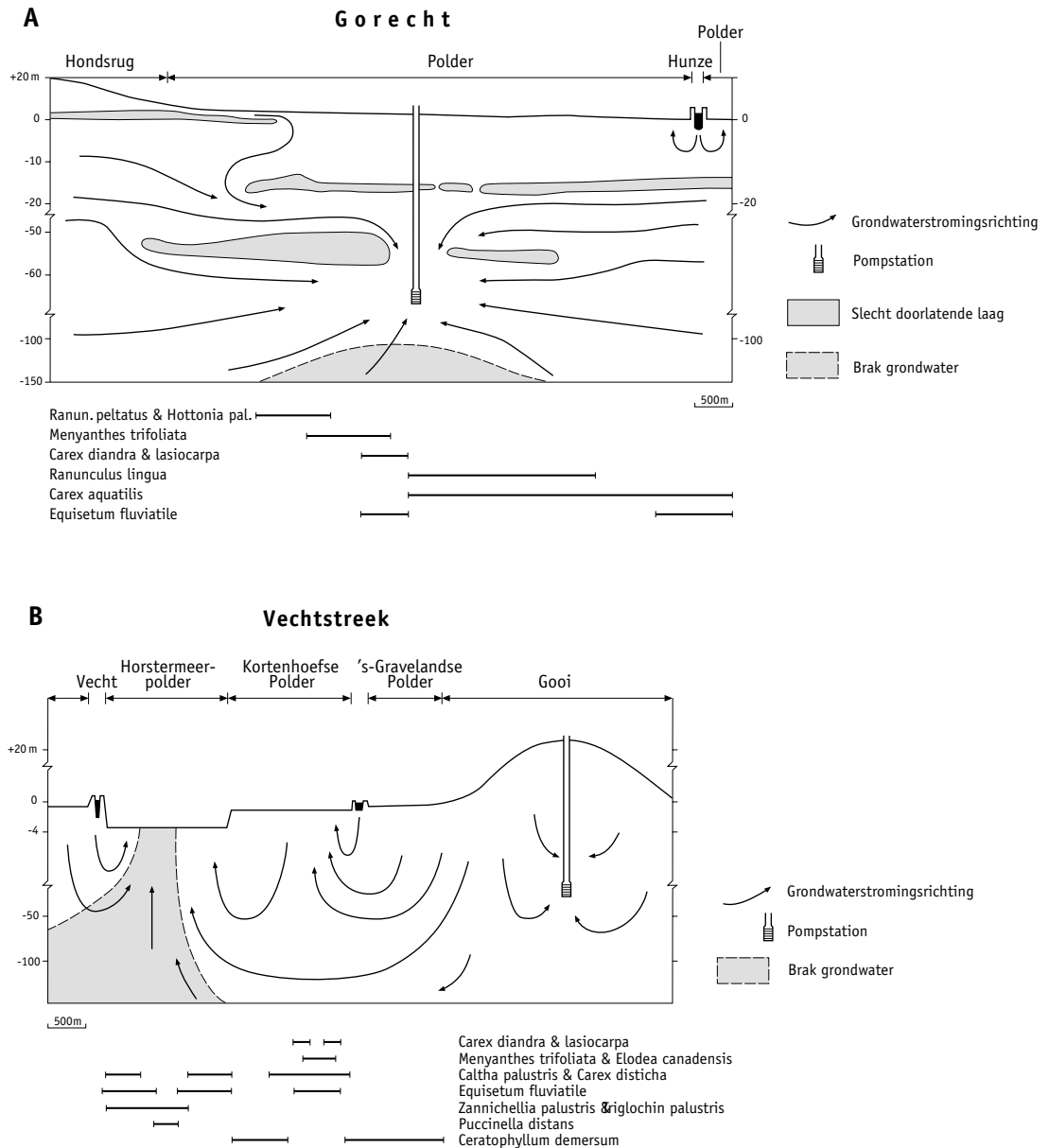
streek, de rest eindigt in de drinkwateronttrekking. De verspreiding van plantensoorten is versnipperd overeenkomstig de versnippering van het watersysteem. Ronde zegge, Draadzegge, Waterdrieblad en Brede waterpest (*Elodea canadensis*) zijn in hun verspreiding beperkt tot het kwelgebied van de Kortenhoefse polder, waar nog wat kwel uit het Gooi aan de oppervlakte komt. Dotterbloem, Tweerijige zegge (*Carex disticha*) en Holpijp komen ook in de Horstermeerpolder voor, maar ontbreken op de brakke kwel. Soorten van voedselrijk oppervlaktewater, zoals Gedoornd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*), komen vooral veel voor in sloten en plassen in de infiltratiegebieden die 's zomers gesuppleerd worden met voedselrijk water uit de Vecht.

## Waterkwaliteit en plantensoorten

Omdat het Gorecht-gebied vrijwel geheel bestaat uit weilanden voor melkvee is er geen verder onderzoek gedaan naar de relatie tussen de regionale waterkwaliteitsgradiënt van de Hondsrug tot in het veengebied en de vegetatiesamenstelling. In de Vechtstreek liggen verspreid natuureservaten omgeven door agrarisch grasland en plassen. In 24 percelen is de lokale hydrologie, waterkwaliteit en vegetatie onderzocht op vergelijkbare wijze als waarop in de Biebrza drie regionale transecten loodrecht op de rivier zijn onderzocht (Wassen, 1990). Uit dit onderzoek bleek dat in beide gebieden regenwater goed te onderscheiden is van ionenrijker grondwater en rivierwater met behulp van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV). Figuur 9 toont EGV-profielen gemeten met een sonde waarmee op elke gewenste diepte in waterverzadigd veen metingen verricht kunnen worden (Van Wirdum, 1984).

**Figuur 8** Schematische weergave van de grondwaterstroming (FLOWNET simulatie) en de verspreiding van een aantal plantensoorten langs een transect (a) van de Hondsrug naar de Hunze in het Gorecht-gebied en (b) een transect van het Gooi naar de Vecht in de Vechtstreek (naar Wassen *et al.* 1996).

**Figure 8** Cross-section of (a) the Gorecht river plain from the ice-pushed hill ridge (left) to the river (right) and (b) the Vecht river plain from the ice-pushed hill ridge (right) to the river (left) showing schematic groundwater flow pattern (simulated with FLOWNET) and distribution of plant species.



## Biebrza-vallei

In de Biebrza-vallei is de ionenrijkdom van het water tamelijk homogeen over lange afstanden, waaruit blijkt dat de gradiënt in waterkwaliteit van het achterland naar de rivier geleidelijk is. Tevens treedt aan de oppervlakte

weinig verdunning op met regenwater, behalve in de bovenloop in de zone waar infiltratie optreedt (vergelijk Figuur 9a met Figuur 7a). Hier is een ondiepe regenwaterlens aanwezig. Op de plaats waar de kalkgyttja aange troffen werd is de ionenrijkdom van het opkwellende





grondwater het hoogst (vergelijk met Figuur 2). In de benedenloop wordt de vallei begrensd door een complex van kalkarme duinen (Wassen *et al.*, 1996). Het kwelwater uit deze duinen heeft een laag geleidingsvermogen (Figuur 9b). In de richting van de rivier neemt het geleidingsvermogen toe, hetgeen toegeschreven wordt aan overstromingen met mineraalrijk rivierwater (Wassen, 1996), uitwisseling van kationen uit de leem die hier door de rivier is afgezet (Wassen *et al.*, 1992) en kwel van ionenrijk water afkomstig uit het achter de duinen gelegen moreneplateau (Janssen, 2000).

## Nederland

De Vechtstreek is verkaveld tot kleine percelen. Binnen de percelen worden vaak grote verschillen in ionenrijkdom van het grondwater aangetroffen (Figuur 9c). Veel percelen bevatten regenwaterlenzen, soms tot een diepte van enkele meters. Percelen waar regenwaterlenzen ontbreken zijn gelegen in permanente kwelgebieden (Wassen, 1990), zoals de diepgelegen Horstermeerpolder en Bethunepolder (waar perceel l en r in zijn gelegen) en enkele verspreid liggende delen van polders. Deze kunnen zowel aan de voet van de stuwwal liggen (a en b) als verderop (f, o en p). Het kwelwater bereikt de meeste percelen indirect, doordat het eerst opkwelt in sloten en vervolgens zijdelings het perceel binnendringt (Wassen *et al.*, 1988, 1990). In infiltratiegebieden treedt deze zijdelingse indringing nog sterker op en kan het oppervlaktewater al naar gelang de horizontale doorlatendheid van het veen tientallen meters een perceel binnendringen (bijvoorbeeld in de percelen c en k; Wassen *et al.*, 1988, 1989; Koerselman, 1989). Hier bestaat het oppervlaktewater vaak uit vervuild rivierwater, dat 's zomers in het gebied wordt ingelaten ter voorkoming van verdroging.

De verspreiding van plantensoorten is zowel in de Biebrza als in de Vechtstreek sterk gecorreleerd met de waterkwaliteit (Beltman & Verhoeven, 1988; Wassen, 1990; De Mars, 1996). Daar waar regenwaterlenzen aanwezig zijn komen veenmossen en andere verzuringsindicatoren voor, waar rivierwater domineert vinden we voedselminnende hoogproductieve moerasplanten. De zogenaamde trilveensoorten (kleine zeggen, slaapmossen en bepaalde kruiden) zijn in hun verspreiding meestal beperkt tot de door kwelwater gedomineerde plekken (Figuur 9).

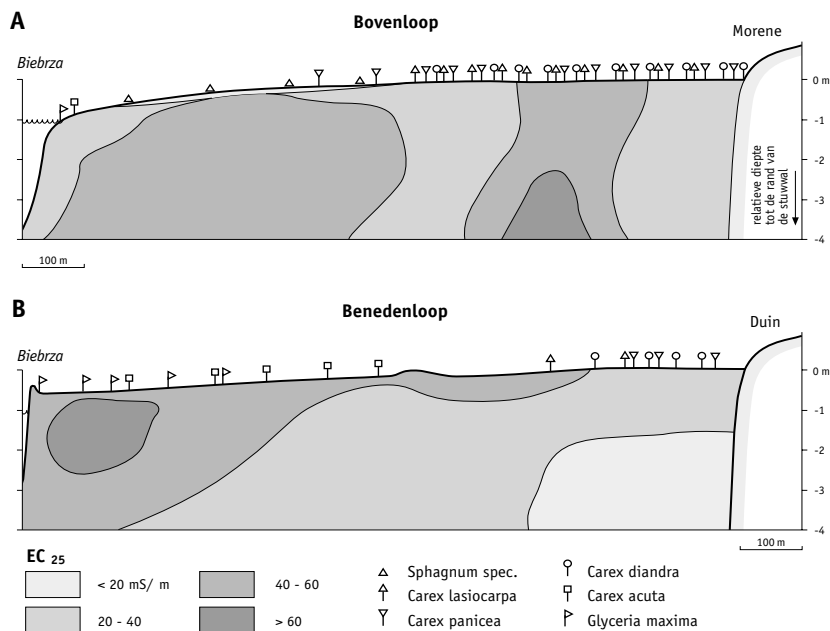
## De meerwaarde van de referentie

### Combineren van heden en verleden

Onze vergelijking maakt in de eerste plaats duidelijk dat combinatie van verschillende informatiebronnen (paleo, historisch en actuo) leidt tot meer inzicht in het belang van processen dan ieder van de afzonderlijke bronnen zou geven. Dit geldt zowel voor het referentiegebied als voor de doelgebieden.

Zo blijkt de neerslaglens en de daaraan gekoppelde hoogveenvorming in de bovenloop van de Biebrza-vallei een recent fenomeen te zijn dat nog niet eerder optrad (zie ook Liwski *et al.*, 1983; Oswit, 1991). De nu op veel plaatsen in de Biebrza-vallei gesignaleerde verstruiking en verbossing (ca. 40% van het oppervlak; vgl. Schmidt *et al.*, 2000) trad wel vaker op, maar slechts lokaal en tijdelijk. Heesters *et al.* (1995) signaleerden een duidelijke toename in de bovenloop tussen 1979 en 1994, terwijl Palczynski (1985) voor de beneden- en middenloop liet zien dat in de periode 1956-1979 slechts lokaal toename van struik- en boomopslag optrad terwijl die in dezelfde periode op sommige plaatsen ook was verminderd. De verbossing van de Biebrza-vallei wordt vaak in verband gebracht met een afname van maaiactiviteiten sinds de

## Biebrza



**Figuur 9** Schematische weergave van de verspreiding van een aantal laagveensoorten en de ionenrijkdom van het grondwater in de Biebrza-vallei (a en b) en de Vechtstreek (c) (naar Wassen, 1990).

**Figure 9** Schematic representation of the distribution of some fen plant species and the Electro Conductivity of the groundwater in the Biebrza valley and the Vecht river plain. The Vecht plain is reclaimed and remaining fens are surrounded by meadows used for dairy farming. Therefore no continuous transect could be studied, alternatively numerous short transects were studied through fens.

Tweede Wereldoorlog (Palczynski, 1985; Banaszuk, 1991) en drainage in de middenloop in de eerste helft van de 19de eeuw (Palczynski, 1985). Het is echter waarschijnlijk dat ook recentere hydrologische veranderingen bijdragen aan de versnelde successie (Wassen & Joosten, 1996). Op plaatsen in de benedenloop waar invasie met Riet optreedt, heeft het graven van greppels geleid tot een verlaging van de voorjaarsgrondwaterstand van 10-40 cm, zo blijkt uit MODFLOW-simulaties (Coenen et al., 2001).

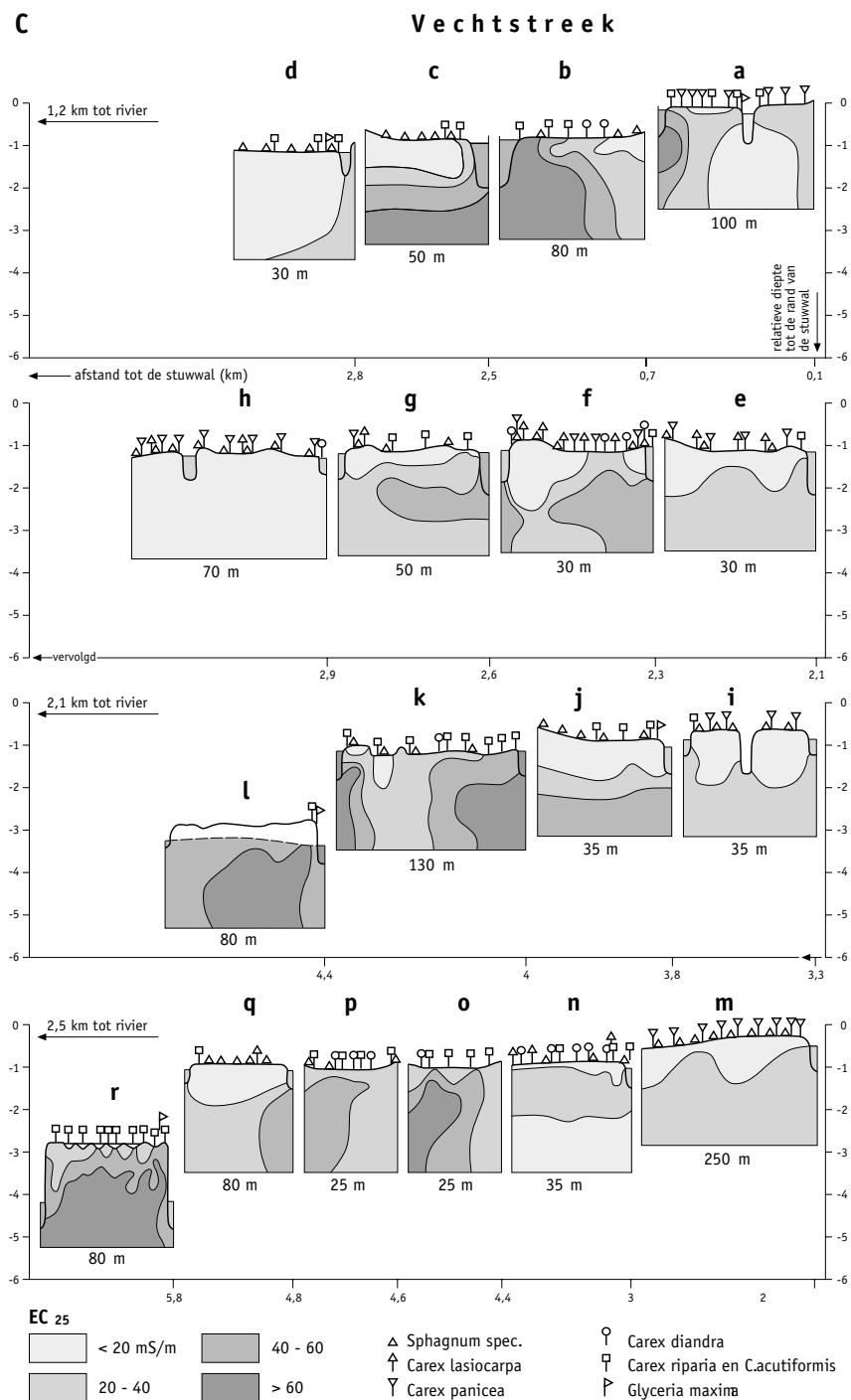
In de Vechtstreek bevestigt de reconstructie van de hydrologie van vóór de verveningen de bestaansredenen van de grote hoogveenkern (Bakker et al., 1976; Schot & Molenaar, 1992). In het tegenwoordige polderlandschap is laagveenvorming opgetreden in petgaten. Soortenrijke verlandingsstadia, de zogenaamde trilvenen, kwamen

een halve eeuw geleden nog overal voor in de Vechtstreek (Van Zinderen Bakker, 1942; Meijer & de Wit, 1955), maar zijn steeds zeldzamer geworden (Van den Berg & De Smidt, 1985). De successie is vooral in de infiltratiegebieden onder invloed van verzuring versneld doorgeschoten naar door veenmossen gedomineerde overgangsvenen, waar dikke Haarmostapijen hun voordeel doen met de hoge atmosferische depositie van stikstof. Tegelijkertijd stagneert de initiële verlanding in het zeer voedselrijke oppervlaktewater van de infiltratiegebieden; een probleem dat in de Vechtstreek sterker speelt dan in de Wieden of de Weerribben (Bootsma & Wassen, 1996). Barendregt et al. (1990) analyseerden de veranderingen in moerasvegetaties rond Loosdrecht sinds 1872 (en gedetailleerder sinds 1962). Zij constateerden een sterke achteruitgang in diversiteit en oppervlak van deze vegetaties ten gevolge van een combinatie van grondwaterwinning, verzuring van terrestrische vegetaties, stikstofdepositie, eutrofiëring en pH-stijging van het oppervlaktewater, veranderend landgebruik (leidend tot biotoopvernietiging), gebrek aan beheer (leidend tot successie tot elzenbroek) en toegenomen pleziervaart. Het bleek echter onmogelijk dit complex van mogelijke invloeden te scheiden. Ook in het Naardermeer zijn successie en eutrofiëring verantwoordelijk voor sterke achteruitgang van de biodiversiteit gedurende de afgelopen decennia (Barendregt et al., 1995). In de Vechtstreek werken vele versturende invloeden tegelijkertijd, waardoor het moeilijk is eenduidige oorzaak-gevolg relaties te achterhalen. De toegevoegde waarde van een referentiegebied ligt dus ook in de mogelijkheid om via empirisch veldonderzoek de invloed van individuele factoren te bestuderen zonder dat daar tal van andere, deels onbekende, processen doorheen spelen. De actuele situatie in de Biebrza bo-

venloop lijkt sterk op de omstandigheden waaronder het hoogveen van de Vechtstreek is ontstaan. Dit biedt de mogelijkheid om nu in de Biebrza-vallei actuele processen te bestuderen die optreden tijdens het proces van verzuring van laagvenen (zie Wassen & Joosten, 1996), maar dan zonder een sterk verhoogde atmosferische depositie, ontwatering of eutrofiëring van grond- en oppervlaktewater. Willen we meer weten van de invloed van overstromingen, wederom in afwezigheid van sterk verstorende menselijke invloeden, dan kunnen we in de benedenloop van de Biebrza te rade gaan. Hier kunnen we leren hoe de interactie tussen rivierwater en kwelwater een geleidelijke biomassagradiënt dwars op de rivier in stand houdt met een openvolging van veenvormende vegetatietypen. Ook wordt hier duidelijk dat waterstandsdynamiek, overstromingsduur en -diepte en mineralisatiesnelheid de belangrijkste sturende factoren zijn die de vegetatiegradiënt bepalen (Wassen, 1996; De Mars et al., 1997). Voor herstel van overstroming in het Hunzedal, de benedenloop van de Drentse Aa of de Overijsselse Vecht is de Biebrza zodoende een inspirerend voorbeeldgebied (zie bijvoorbeeld Stichting het Groninger Landschap & Grontmij, 1997).

### Hydrologische en vegetatiepatronen

De ruimtelijke correlatie tussen plantensoorten- en vegetatieverspreidingspatronen enerzijds en hydrologische en waterkwaliteitspatronen anderzijds is in de Biebrza-vallei niet anders dan in de Nederlandse gebieden. Voor de benedenloop van de Biebrza zijn ook water fluxes naar de wortelzone berekend met een MODFLOW-model (Janssen, 2000). Daaruit blijkt dat de zonatie van vegetatietypen van de rivier veeninwaarts sterk gecorreleerd is met een afnemend aandeel rivierwater en een toenemend aandeel grondwater (Wassen et al., 2001).



We lieten voor de Vechtstreek zien dat de ruimtelijke patronen in dit gecultiveerde polderlandschap echter in het geheel niet meer lijken op de vroegere patronen, noch op de huidige patronen in de Biebrza-vallei. De menselijke beïnvloeding van de hydrologie leidde tot verplaatsing, verandering van omvang en versnippering van watersystemen (Schot, 1989, 1991) hetgeen leidde tot veranderingen in de verspreiding van plantensoorten en vegetaties (Wassen, 1990; Wassen et al., 1996; Bootsma, 2000). Achteruitgang van ecosystemen in de Vechtstreek is behalve door een slechte waterkwaliteit (Barendregt, 1993) en ontwatering (De Mars, 1996) dus waarschijnlijk ook deels veroorzaakt door hydrologische versnippering. Ontsnippering zou in deze streek moeten beginnen bij de watersystemen, hoewel daarbij wel beseft dient te worden dat een deel van de resterende populaties van thans zeldzame soorten heeft overleefd dankzij de geïsoleerde ligging, waardoor ze gevrijwaard bleven van de eutrofiërende invloed van gesuppleerd rivierwater.

### Zeldzame soorten

Olde Venterink (2000) vergeleek de biomassaproductie,

de biodiversiteit en de nutriëntenbeperking tussen kruidachtige beekdalvegetaties in de Biebrza-vallei, Nederland en België. Hij gebruikte de Biebrza-vallei als referentie door daar soorten te bestuderen die hier zó zeldzaam zijn geworden dat er onvoldoende waarnemingen beschikbaar zijn. Hij maakte aannemelijk dat veel bedreigde soorten van hooilanden en laagvenen in de Biebrza-vallei overleven dankzij een milieu waarin (co-)limitatie door P optreedt. Dit houdt in dat plekken waar de groei door P wordt beperkt, of door een combinatie van P met N of K, geschikt lijken te zijn voor een groot aantal in Nederland zeldzame soorten.

### Restauratie

Uit bovenstaande blijkt dat de waarde van een relatief ongestoord referentiegebied is dat we er de mate en de wijze van aantasting van onze doelgebieden beter door kunnen beoordelen en dat we er belangrijke sleutelprocessen voor herstel mee kunnen opsporen.

Voor het ontwerp van herstelmaatregelen is zo'n referentie dus bruikbaar. Dit wil echter niet zeggen dat referentie-onderzoek ook bruikbaar is om de potenties voor

### Herbivorie en successie

Ook het relatieve belang van grote herbivoren voor de successie in veengebieden kunnen we in de Biebrza-vallei bestuderen. Vooral de populatiedynamiek en het voedingsgedrag van de Elanden (*Alces alces*) zijn onderzocht (Gebczynska & Raczynski, 1984, 1989; Palczynski, 1985; Raczynski, 1991). De aantallen variëren van minder dan 1 tot meer dan 5 individuen per 1000 ha. De totale populatie is door de jacht altijd vrij klein geweest en fluctueerde in de periode 1960 – heden tussen de 100 en 600 individuen. Ze vertonen een seizoensgebonden migratie die afhangt van de ruimtelijke samenhang van biotopen. 's Zomers zijn ze vooral te vinden in de Grote zeggenmoerassen en wilgenstruwelen, in de herfst trekken ze naar de elzenbroekbossen en 's winters voeden ze zich vooral met jonge loten en knoppen van de Den. In de middenloop, waar minder dennenaanplant op de duinen is, blijven ze 's winters meer in het moeras, waar ze foerageren op met name wilgenstruiken en ze de ontwikkeling van wilgenstruweel sterk beïnvloeden (Palczynski & Tomaszewska, 1981). Omdat de huidige verbossing van de Biebrza-vallei vooral Berk betreft en dit geen favoriete voedselplant is van de Eland, is de verwachting dat de Eland in de huidige dichtheden geen factor van betekenis zal zijn voor het tegengaan van het verbossingsproces. Tevens is nog onzeker of het huidige jachtverbod gehandhaafd blijft vanwege de schade die de Elanden aanrichten in de dennenplantages buiten de vallei. Voor eventuele introductie van Elanden in Nederlandse moerasgebieden kunnen we van de Biebrza-vallei leren dat dat alleen zinvol is in zeer grote gebieden met een behoorlijke variatie aan biotopen, zodat zowel een adequaat voedselpakket als een gezonde genetische variatie gewaarborgd worden. Het is echter onzeker of door realisatie van levensvatbare populaties van grote grazers ook alle vegetatiedoelstellingen gehaald kunnen worden (Vulink, 2001).



herstel van een te restaureren gebied te beoordelen. De belangrijkste reden hiervoor is dat het herstel van een ecosysteem niet langs dezelfde weg en in dezelfde tijdsperiode zal verlopen als de aftakeling ervan: er treedt hysteresis op, zowel in abiotische als biotische processen. Zo kunnen verdroging en verzuring irreversibele fysische en chemische veranderingen in de bodem teweegbrengen, die herstel in de weg staan. Een bekend voorbeeld hiervan is de veraarding van veen bij sterke uitdroging (Okrusko, 1995), maar er zijn ook aanwijzingen dat de redox-status van veen irreversibel verandert als gevolg van verdroging (De Mars & Wassen, 1999).

Uit herstelprojecten waarbij getracht wordt de effecten van verzuring van natte schraallanden tegen te gaan, blijkt dat de zuurgraad en de basenverzadiging van de bodem niet (of slechts langzaam) herstellen (Van Duren *et al.*, 1998; Beltman *et al.*, 2001). Tevens kunnen de hoge atmosferische stikstofdepositie en slechte kwaliteit van grond- en oppervlaktewater restauratie van (matig

voedselarme omstandigheden verhinderen (Jansen & Roelofs, 1996; Bakker & Berendse, 1999). Daarnaast zijn verschillende doelsoorten mogelijk niet alleen uit de actuele vegetatie, maar ook uit de zaadbank verdwenen. Herstel van de vegetatie is dan afhankelijk van de mogelijkheden voor dispersie van deze soorten, die in het huidige versnipperde Nederlandse landschap beperkt zijn (Bakker *et al.*, 1996; Poschlod & Bonn, 1998; Bakker & Berendse, 1999).

## Dankwoord

Dit artikel is gebaseerd op gepubliceerde en ongepubliceerde gegevens uit langlopende (hydro-)ecologische onderzoekprogramma's in de Biebrza-vallei, de Vechtstreek en het Gorecht-gebied. We willen met name Rudy van Diggelen en Paul Schot bedanken voor het beschikbaar stellen van hun gegevens.

## Summary

### Geographic references: the Biebrza valley as an example.

Martin Wassen, Margien Bootsma & Wladimir Bleuten

Landschap 19 (2002)

Key words: Hydrology, vegetation, peat, patterns and processes, restoration

The Biebrza valley in Poland is an undisturbed lowland river (mean annual discharge c. 30m<sup>3</sup>/sec) with a broad diversity of wetlands, including floodplain marshes, fens and bogs. This area may serve as an ecological reference site to be used in a space-for-time substitution in

which observed spatial differences at Biebrza are used for estimating the effects of changes in management in disturbed areas. Biebrza is in such a comparison useful as an example for fen ecosystems in western Europe such as fens in Holocene polder landscapes in the Netherlands and Great Britain as well as fens and meadows in Pleistocene stream valleys in the northern Netherlands and Germany as well as Denmark. A comparison of peat stratigraphy at Biebrza with the Vecht river plain and the Gorecht area in the Netherlands revealed that comparable ecosystem patterns have developed in the past. Historical information on land-use and water management provided insight in the nature of human impact in these landscapes during the past centuries. At present, the ecosystem patterns in the landscape of the



Vecht river plain and the Biebrza valley are distinctly different. These differences can largely be attributed to fragmentation of the hydrology in the Vecht river plain. A study of undisturbed ecosystems (ecological references) can therefore give us insight into the degree of degradation that has occurred in stressed ecosystems and inform us about measures needed to bring about regeneration, especially when paleo-ecological sources as

well as historical and actual information sources are used in combination. Moreover, the undisturbed character of the Biebrza valley enables us to study natural key landscape-ecological processes that determine ecosystem development. Because of hysteresis effects that will occur during regeneration, research in ecological reference systems will provide only limited information on regeneration prospects.

---

## Literatuur

**Artist for Nature Foundation, 1993.** Leven tussen land en water; 32 kunstenaars portretteren Noordoost-Polen, Inmerc BV, Nederland.

**Baas, W.J., 2001.** Bodemdaling in veengebieden. *Landschap* 18(2): 109-117.

**Bakker, J.P., P. Poschod, R.J. Strykstra, R.M. Bekker & K. Thompson, 1996.** Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica* 45: 461-490.

**Bakker, J.P. & F. Berendse, 1999.** Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 63-68.

**Bakker, P.A., C.A.J. Van der Hoeven-Loos, L.R. Mur & A. Stork, 1976.** De Noordelijke Vechtplassen. Stichting Commissie voor de Vecht en het Oostelijk en Westelijk Plassengebied.

**Bal, D., H.M. Beijer, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen & P.J. van Reest, 1995.** Handboek Natuurdoeltypen in Nederland. Informatie en Kenniscentrum Natuurbeheer Wageningen.

**Banaszuk, H., 1991.** Grassland and meadow management in the Biebrza valley. *Issue Papers of Progress in Agricultural Science, Warszawa, Polish Scientific Publishers: 489-520.* (in Polish with English summary).

**Barendregt, A., 1993.** Hydro-ecology of the Dutch polder landscape. Proefschrift, Universiteit Utrecht.

**Barendregt, A. & A. van Leerdam, 1992.** Het moerasesysteem in Noordoost-Polen; voorbeeldfunctie voor herstel en ontwikkeling van Nederlandse systemen. *Huid en Haar* 11: 1-14.

**Barendregt, A., M.J. Wassen & A. van Leerdam, 1990.** Nivellering van de verlanding; een gevolg van veranderingen in hydrologie en beheer. *Landschap* 7: 17-32.

**Barendregt, A., M. J. Wassen & P.P. Schot, 1995.** Hydrological systems beyond a nature reserve, the major problem in wetland conservation of Naardermeer (the Netherlands). *Biological Conservation* 72: 393-405.

**Beltman, B. & J.T.A. Verhoeven, 1988.** Distribution of fen plant communities in relation to the hydrochemical characteristics in the Vechtplassen area, the Netherlands. In: Verhoeven, J.T.A. (ed.). *Vegetation structure in relation to Carbon and Nutrient Economy: 121-136.* SPB, Academic Publishers, The Hague.

**Beltman, B., T. van den Broek, A. Barendregt, M.C. Bootsma & A.P. Grootjans, 2001.** Rehabilitation of acidified and eutrophied fens in The Netherlands: Effects of hydrologic manipulation and liming. *Ecological Engineering* 17: 21-31.

**Berendsen, H.J.A., 1996.** De vorming van het land. Van Gorcum, Assen.

**Bootsma, M.C. & M.J. Wassen, 1996.** Water quality of fen vegetation types in three European lowland mires. *Vegetatio* 127: 173-189.

**Bootsma, M.C., 2000.** Stress and recovery in wetland ecosystems. Proefschrift Universiteit Utrecht.

**Bootsma, M.C., M.J. Wassen & A.J.M. Jansen, 2000.** De Biebrza-vallei als ecologische referentie voor Nederlandse beekdalen. *Landschap* 17(2/3): 113-130.

**Borger, G.J., 1992.** Draining-digging-dredging; the creation of a new landscape in the peat areas of the low countries. In: J.T.A. Verhoeven (ed.). *Fens and bogs in the Netherlands: vegetation, history, nutrient dynamics and conservation: 131-172.* Dordrecht: Kluwer.

**Burkunk, R., 1990.** Waterbeheersysteem Gorecht. Technisch Rapport Hydrologie, Dienst Milieu en Water, Provincie Groningen.

**Coenen, D., Daas, J & J. van Peet, 2001.** Verdrogingsonderzoek Biebrzanski Nationaal Park, Polen. Afstudeerverslag Vakgroep Fysische Geografie, Universiteit Utrecht.



**De Mars, H., 1996.** Chemical and physical dynamics of fen hydro-ecology. Proefschrift, Universiteit Utrecht.

**De Mars, H., M.J. Wassen & H. Olde Venterink, 1997.** Flooding and groundwater dynamics in fens in eastern Poland. *Journal of Vegetation Science* 8: 319-328.

**De Mars, H. & M.J. Wassen, 1999.** Redox potentials in relation to water levels in different mire types in the Netherlands and Poland. *Plant Ecology* 140: 41-51.

**De Smidt, J.T., M.J. Wassen & A. Barendregt, 1990.** Biebrza: uniek veenmoeras in Polen. *Panda* 5: 9-11.

**Gebczynska, Z. & J. Raczynski, 1984.** Habitat preferences and population structure of moose in the Biebrza Valley. *Acta Zoologica Fennica* 172: 93-94.

**Gebczynska, Z. & J. Raczynski, 1989.** Distribution, population structure and social organization of moose in the Biebrza Valley, Poland. *Acta Theriologica* 34: 195-217.

**Hanssen, S. & M. van Leersum, 1992.** Hydrologische studie van Biebrza boven- en benedenloop ten behoeve van ecohydrologische toepassingen. *Afstudeerverslag Vakgroep Milieukunde, Universiteit Utrecht.*

**Heesters, A.J., E. Lofvers, M.L. Schiereck & F.J. Stoppelenburg, 1995.** Eco-hydrological analysis of the Biebrza Upper Basin. *Afstudeerverslag Vakgroep Milieukunde, Universiteit Utrecht.*

**Jansen, A.J.M. & J.G.M. Roelofs, 1996.** Restoration of *Cirsio-Molinietum* wet meadows by sod cutting. *Ecological Engineering* 7: 279-298.

**Janssen, A., 2000.** Modeling groundwater flow in a floodplain in the lower Biebrza catchment with the MODFLOW three dimensional finite differences code. *Afstudeerverslag Vakgroep Fysische Geografie, Universiteit Utrecht.*

**Klijjn, F. & H.A. Udo de Haes, 1990.** Hiërarchische ecosysteemclassificatie. Voorstel voor een eenduidig begrippenkader. *Landschap* 7: 215-233.

**Koerselman, W., 1989.** Hydrology and nutrient budgets of fens in an agricultural landscape. Proefschrift, Universiteit Utrecht.

**Liwski, S., H. Okruszko & R. Pozniak, 1983.** The relationship between hydrogenic formation and hydrogeological conditions in the Upper and Middle Basin of the Biebrza Valley. *Issue Papers of Progress in Agricultural Science, Warszawa, Polish Scientific Publishers: 43-58* (in Polish with English summary).

**Meijer, W. & R.J. de Wit, 1955.** Kortenhoef; een veldbiologische studie van een Hollands verlandingsgebied. Stichting Commissie voor de Vecht en het Oostelijk en Westelijk Vechtplassengebied, Amsterdam.

**Molenaar, A., M.C. Bootsma, R. Schenkels & A. Barendregt, 1994.** The Upper Biebrza: useful as reference for headwater catchments in the Netherlands? In: *Conservation and Management of Fens, Proceedings symposium International Peat Society, 6-10 June 1994, Institute of Land Reclamation and Grassland Farming, Falenty, Poland: 76-91.*

**Moore, P.D. & D.J. Bellamy, 1974.** *Peatlands.* The Gresham Press, Surrey, England.

**Okruszko, H., 1995.** Influence of hydrological differentiation of fens and their transformation after dehydration and on possibilities for restoration. In: B.D. Wheeler, S.C. Shaw, W.J. Fojt & R.A. Robertson (eds.). *Restoration of temperate wetlands: 113-119.* Wiley, Chichester

**Olde Venterink, H., 2000.** Nitrogen, phosphorus and potassium flows controlling plant productivity and species richness. Eutrophication and nature management in fens and meadows. Proefschrift, Universiteit Utrecht.

**Oswit, J., 1990.** Structure, genesis and development of peatlands in the Biebrza valley. *Zeszyty Problemowe Postepow nauk Rolniczych, Zeszyt 83: 217-232* (in Polish with English summary).

**Oswit, J., 1991.** Grassland plant communities and site conditions in the Biebrza Wetlands. *Biebrza wetlands. Issue Papers of Progress in Agricultural Science, Warszawa, Polish Scientific Publishers: 297-334* (in Polish with English summary).

**Palczynski, A. & K. Tomaszewska, 1981.** Attempt at using aerial photographs for determining the dynamics of willow-birch scrub in the Biebrza valley mire. *Scientific Volumes of the Agricultural University in Wrocaw v. 38 no. 134* (in Polish).

**Palczynski, A., 1984.** Natural differentiation of plant communities in relation to hydrological conditions of the Biebrza Valley. *Polish Ecological Studies* 10: 347-385.

**Palczynski, A., 1985.** Succession trends in plant communities in the Biebrza Valley. *Polish Ecological Studies* 11: 5-20.

**Poschlod, P. & S. Bonn, 1998.** Changing dispersal perspectives in the Central European landscape since the last ice age: an explanation for the actual decrease of plant species richness in different habitats? *Acta Botanica Neerlandica* 47: 27-44.

**Raczynski, J., 1991.** The fauna, bird and animal communities in the Biebrza valley. *Issue Papers of Progress in Agricultural Science, Warszawa, Polish Scientific Publishers: 371-406.* (in Polish with English summary).

**Schmidt, A., H. Piórkowski & H. Bartoszek, 2000.** Remote sensing techniques and geographic information systems for wetland conservation and management: monitoring scrub encroachment in Biebrza National Park. *Rapport Alterra, Wageningen.*

- Schot, P.P., 1989.** Grondwatersystemen en grondwaterkwaliteit in Het Gooi en Randgebieden. Rapport Vakgroep Milieukunde, Universiteit Utrecht.
- Schot, P.P., 1991.** Solute transport by groundwater flow to wetland ecosystems. Proefschrift, Universiteit Utrecht.
- Schot, P.P. & A. Molenaar, 1992.** Regional changes in groundwater flow patterns and effects on groundwater composition. *Journal of Hydrology* 130: 151-170.
- Stichting het Groninger Landschap & Grontmij, 1997.** Water over Wolfsbarge. Dynamische vloedmoerassen in het stroomgebied van de Hunze.
- Succow, M., 1988.** Landschaftsökologische Moorkunde. Gebr. Borntraeger, Berlin/Stuttgart.
- Van den Berg, W.J. & J.T. de Smidt, 1985.** De vegetatie van de Oostelijke Vechtplassen 1935-1980. Rapport Commissie van de Vecht en het Oostelijk en Westelijk Plassengebied, Gewest Gooi en Vechtstreek, Hilversum.
- Van Diggelen, R., A.P. Grootjans, J. Hoogendoorn, R. Burkunk, E. Koole & W. Molenaar, 1990.** Hydro-ecologische gebiedsbeschrijving Gorecht. Rapport Laaglandbekenproject Rijksuniversiteit Groningen, Staatsbosbeheer.
- Van Diggelen, R., W. Molenaar, W.A. Casparie & A.P. Grootjans, 1991.** Paläoökologische Untersuchungen als Hilfe der Landschaftsanalyse im Gorecht-gebiet. *Telma* 21: 57-73.
- Van Diggelen, R., A.P. Grootjans & R. Burkunk, 1994.** Assessing restoration perspectives of disturbed brook valleys: the Gorecht area, the Netherlands. *Restoration Ecology* 2: 87-96.
- Van Duren, I.C., R.J. Strykstra, A.P. Grootjans, G.J.N. ter Heerdt & D.M. Pegtel, 1998.** A multidisciplinary evaluation of restoration measures in a degraded *Cirsio-Molinietum* fen meadow. *Applied Vegetation Science* 1: 115-130.
- Van Leerdam, A. & J.G. Vermeer, 1992.** Natuur uit het moeras! Rapport Vakgroep Milieukunde, Universiteit Utrecht / Staatsbosbeheer, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
- Van Leerdam, A., M.J. Wassen & N. Dankers, 1993.** Onderzoek nagevoeg natuurlijke referentie-ecosystemen. Rapport Vakgroep Milieukunde, Universiteit Utrecht, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel.
- Van Wirdum, G., 1984.** Development of techniques for ecohydrological research. Annual Report 1983, Research Institute for Nature Management, Leersum
- Van Zinderen Bakker, E.M., 1942.** Het Naardermeer. Allert de Lange. Amsterdam.
- Vulink, J.T., 2001.** Hungry herds. Management of temperate lowland wetlands by grazing. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Wassen, M.J., A. Barendregt & J.T. de Smidt, 1988.** Groundwater flow as conditioning factor in fen ecosystems in the Kortenhoeve area, the Netherlands. In: M. Ruzicka, T. Hrnarova & L. Miklos (eds.). *Proceedings VIIIth International Symposium on Problems of Landscape Ecological Research*: 241-251. International Association for Landscape Ecology, East European Region; Institute of Experimental Biology and Ecology, Bratislava, CSSR.
- Wassen, M.J., A. Barendregt, M.C. Bootsma & P.P. Schot, 1989.** Groundwater chemistry and vegetation of gradients from rich fen to poor fen in the Naardermeer (the Netherlands). *Vegetatio* 79: 117-132.
- Wassen, M.J., 1990.** Water flow as a major landscape ecological factor in fen development. Proefschrift, Universiteit Utrecht.
- Wassen, M.J., A. Barendregt, P.P. Schot & B. Beltman, 1990.** Dependency of local mesotrophic fens on a regional groundwater flow system in a poldered river plain in the Netherlands. *Landscape Ecology* 5(1): 21-38.
- Wassen, M.J., 1992.** De Biebrza: een ecologische referentie voor natuurherstel en -ontwikkeling in beekdalen. *Econieuws* 10: 24-29.
- Wassen, M.J., A. Barendregt, A. Palczynski, J.T. de Smidt & H. de Mars, 1992.** Hydro-ecological analysis of the Biebrza mire (Poland). *Wetlands Ecology & Management* 2(3): 119-134.
- Wassen, M.J., 1996.** Nat, eutroof en helder; hydro-ecologie van een nagenoeg-natuurlijke overstromingsvlakte. *Landschap* 13: 193-204.
- Wassen, M.J. & J.H.J. Joosten, 1996.** In search of a hydrological explanation for vegetation changes along a fen gradient in the Biebrza Upper Basin (Poland). *Vegetatio* 124: 191-209.
- Wassen, M.J., R. van Diggelen, L. Wo\_ejko & J.T.A. Verhoeven, 1996.** A comparison of fens in natural and artificial landscapes. *Vegetatio* 126: 5-26.
- Wassen, M.J., Bleuten, W. & M.C. Bootsma, 2001.** Linking hydrology to ecology; Biebrza as a geographical reference. *Annals Agricultural University Warsaw*.
- Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren, 2000.** Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland. Deel 1. Wateren, moerassen en natte heiden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Witmer, M.C.H., 1989.** Integral water management at regional level. An environmental study of the Gooi and the Vechtstreek. Proefschrift, Universiteit Utrecht.