

Preadvies Beekdalen Heuvellandschap

Joop Schaminée, Camiel Aggenbach,
Ben Crombaghs, Martin de Haan, Patrick Hommel,
Fons Smolders, Wilco Verberk, Rein de Waal,
Michiel Wallis de Vries, Eddy Weeda



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit



© 2009 Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Rapport DK nr. 2009/dk108-O
Ede, 2009

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij de directie Kennis onder vermelding van code 2009/dk108-O en het aantal exemplaren.

Oplage 150 exemplaren

Samenstelling Joop Schaminée, Camiel Aggenbach, Ben Crombaghs, Martin de Haan, Patrick Hommel, Fons Smolders, Wilco Verberk, Rein de Waal, Michiel Wallis de Vries, Eddy Weeda

Druk Ministerie van LNV, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij

Productie Directie Kennis
Bedrijfsvoering/Publicatiezaken
Bezoekadres : Horapark, Bennekomseweg 41
Postadres : Postbus 482, 6710 BL Ede
Telefoon : 0318 822500
Fax : 0318 822550
E-mail : DKinfobalie@minlnv.nl

Voorwoord

Voeg hier het voorwoord in.

DE DIRECTEUR DIRECTIE KENNIS
Dr. J.A. Hoekstra

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Achtergronden van het preadvies	7
1.2	Focus en afbakening	8
1.3	Leeswijzer	10
2	De Zuid-Limburgse beekdalen in historisch perspectief	11
2.1	Cultuurhistorische ontwikkeling van het heuvelland	11
2.2	De ontwikkeling van de diepe dalen	12
2.3	De ontwikkeling van de hoge beekdalen	16
3	Sleutelfactoren en sleutelprocessen in de beekdalen van het Heuvelland	17
3.1	Geologie op hoofdlijnen	17
3.2	Geohydrologie en geohydrochemie	19
3.2.1	Indeling en verspreiding van geohydrologische gebieden in het Heuvelland	19
3.2.2	Beschrijving van de geohydrologische deelgebieden in het Heuvelland	26
3.3	Hydrochemische patronen en processen	31
3.4	Fysiotopen	38
3.5	Landgebruik en beheer	45
3.6	Connectiviteit en dispersie	45
4	Natuurwaarden in de beekdalen in het Heuvelland	47
4.1	Flora en vegetatie	47
4.1.1	Bronbossen	49
4.1.2	Beekbegeleidende bossen	51
4.1.3	Brongemeenschappen (buiten het bos)	52
4.1.4	Open hellingmoerassen	53
4.1.5	Natte en vochtige graslanden	63
4.2	Gewervelde dieren: vissen en amfibieën	64
4.2.1	Zoetwatervissen	64
4.2.2	Amfibieën	68

4.3	Vlinders en libellen	74
4.3.1	Dagvlinders	75
4.3.2	Libellen	76
4.4	Overige evertibraten	78
4.4.1	Betekenis voor hogere trofische niveaus in het voedselweb	79
4.4.2	Sleutelfactoren en het voorkomen van karakteristieke soorten	79
4.4.3	Korfslakken	82
5	Aantastingen en bedreigingen	85
5.1	Verdroging	85
5.1.1	Bedreigingen als gevolg van verdroging	87
5.2	Eutrofiëring en toxische stoffen	88
5.2.1	Bedreigingen als gevolg van eutrofiëring en toxische stoffen	88
5.3	Veranderingen in de hydrodynamiek en in stromingspatronen van het oppervlaktewater	90
5.3.1	Bedreigingen als gevolg van veranderingen in de hydrodynamiek en in stromingspatronen van het oppervlaktewater	90
5.4	Veranderend landgebruik, herinrichting en versnippering	91
6	Synthese met aanbevelingen voor beheer en onderzoek	95
6.1	Beheer en natuurontwikkeling	96
6.2	Kennisvragen	97
6.3	Naar een synthese van gewenst onderzoek	99
	Literatuur	105

1 Inleiding

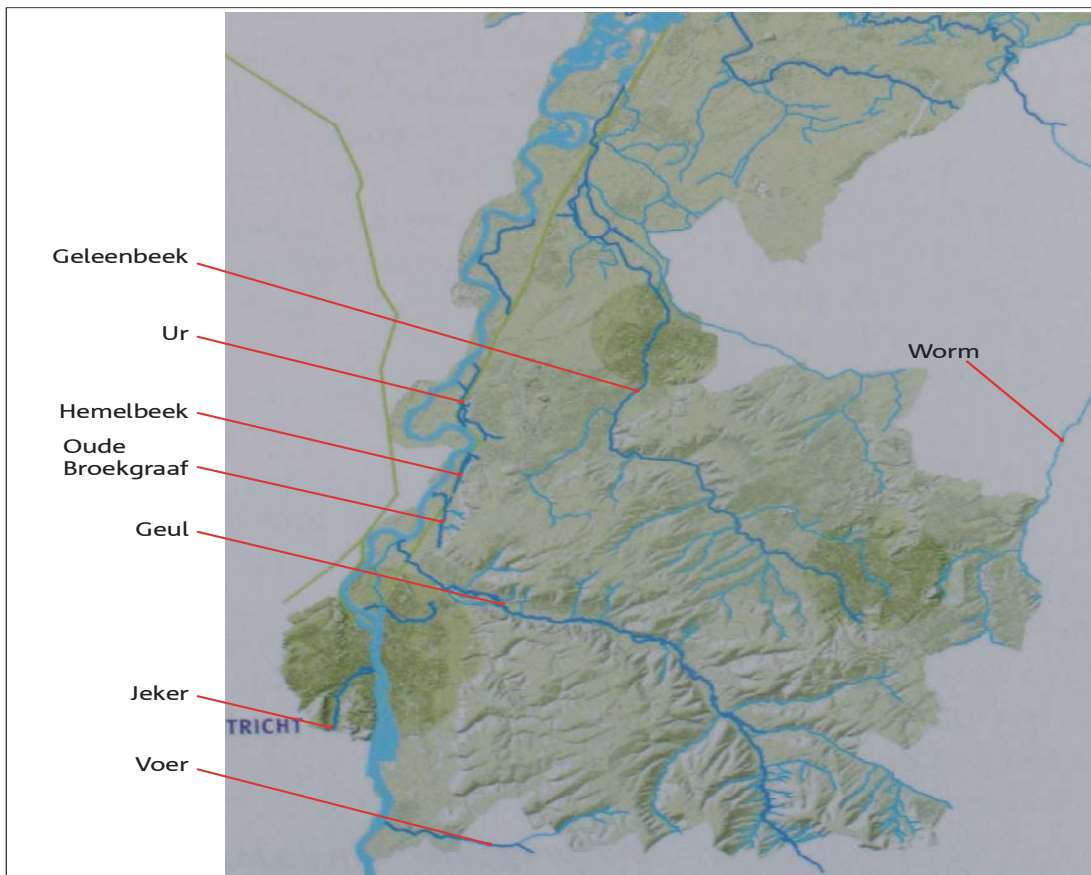
1.1 Achtergronden van het preadvies

Het Heuvelland neemt door zijn afwijkende geologie en bodemgesteldheid in ons land een bijzondere positie in, vooral door het optreden van het uitgesproken reliëf en de aanwezigheid van kalkgesteente, glauconiethoudende zanden, terrasafzettingen en lösspakketten dichtbij of aan de oppervlakte. Hierdoor heeft het gebied meer gemeen met het aansluitende Midden-Europese colliene landschap dan met de rest van ons land. Dit is een logisch gevolg van de geografische ligging: het vormt als het ware een voorpost van Midden-Europa in Nederland. Deze bijzondere positie vormde in september 2006 de aanleiding om in het vernieuwde kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) aan het Zuid-Limburgse Heuvelland een 'status aparte' te verlenen. Omdat voor het oplossen van veel problemen een aanpak op landschapsschaal is gewenst, werd het vernieuwde netwerk ingedeeld naar een zevental hoofdlandschappen in Nederland, waarvan het Heuvelland (Zuid-Limburg) er één is. Daarenboven is er voor de fauna binnen OBN aanvullend één landelijke expertisegroep geformeerd. Net als de overige hoofdlandschappen wordt het benodigde onderzoek aangestuurd en begeleid door een team van deskundigen, het DT Heuvellandschap. Het OBN is een kleine twintig jaar geleden voortgekomen uit de wens van de overheid om verzuring, vermessing en verdroging aan te pakken, zoals vastgelegd in het Nationaal Milieubeleidsplan (1990). Dit leidde tot de regeling Effect Gerichte Maatregelen (EGM) en enkele jaren later tot het Overlevingsplan Bos en Natuur. Het ontwikkelen en in praktijk brengen van herstelmaatregelen in door verzuring, vermessing en verdroging aangetaste ecosystemen was en is het uiteindelijke doel. Recente zijn de doelstellingen verbreed, en in dit nieuwe OBN netwerk staat naast natuurherstel ook natuurinrichting op het programma, terwijl expliciet aandacht moet worden gegeven aan Natura 2000 en aan het soortenbeleid in ons land.

De ligging en gesteldheid van het Zuid-Limburgse heuvellandschap wordt zowel in botanisch als in faunistisch opzicht weerspiegeld door het voorkomen van tal van bijzonderheden voor ons land. In het vervolg van dit preadvies zal dit aspect nog geregeld aan de orde komen. De min of meer exclusieve levensgemeenschappen betreffen niet alleen de bekende kalkgraslanden en hellingbossen, maar ook soortenrijke en sterk bedreigde gemeenschappen van beekdalhooilanden, kalkmoerassen, bronnen en beekbegeleidende bossen. De fauna van het Heuvelland wordt gekenmerkt door diverse gebiedseigen soorten, zoals Waterspreeuw en Vuursalamander. De grote betekenis van de Zuid-Limburgse beekdalen komt ook tot uitdrukking in de aanmelding van een respectabel aantal (deels grote) gebieden voor Natura-2000: Bunder- en Elsloërbos, Geleenbeekdal, Brunsummerheide, Geuldal, Sint Pietersberg & Jekerdal en Noorbeemden & Hoogbos.

In het (nog niet zo verre) verleden richtte de aandacht van de natuurbescherming zich vooral op het behoud van individuele planten en dieren, veel minder op die van de leefgebieden van de desbetreffende soorten. De bescherming van het leefmilieu van soorten komt eigenlijk pas in beeld als met de opkomst van de ecologie de notie ontstaat dat het duurzaam behouden van soorten alleen mogelijk is als hun omgeving beschermd wordt. De gebiedsgerichte benadering krijgt een sterke impuls na de publicatie van het Natuurbeleidsplan in 1990, waarin de vorming van een Ecologische

Hoofdstructuur (EHS) beleid wordt, en krijgt verdere invulling met de aanvaarding en daaropvolgende implementatie van Natura 2000. De bescherming van soorten en habitats zal vooral plaatsvinden door het opzetten van een netwerk van natuurgebieden, de zogenaamde Speciale Beschermingszones (o.a. Coesèl et al. 2007). Deze veranderde visie geldt ook de beekdalen, zoals eveneens wordt verwoord in het ‘flankerende’ preadvies voor de laaglandbeken in ons land (Aggenbach et al. 2008). Beekherstelprojecten blijven vaak beperkt tot puntlocaties of kleine trajecten en worden doorgaans uitgevoerd binnen het bestek van één of enkele jaren. Het stroomgebied van de desbetreffende beek komt gewoonlijk niet aan bod en van een uitgewerkte visie voor de lange termijn is vaak geen sprake. Ecologische processen strekken zich echter uit over het gehele stroomgebied en spelen meestal over lange tijd. Met andere woorden: het gehele stroomgebied werkt conditionerend op de levensgemeenschappen in het beekdal en de ontwikkeling van een stabiel beekstelsel kost veel tijd. Het preadvies hanteert deze gedachten als uitgangspunt en wil er met klem op wijzen dat voor een structureel herstel van beekdalen met de bijbehorende levensgemeenschappen voldoende tijd en een benadering op landschapsschaal vereist worden. Bij de planvorming en evaluatie moet hiermee rekening worden gehouden.



Afbeelding 1.1. De ligging van de zes stroomgebieden in het Heuvelland, waarop het preadvies betrekking heeft. Van noord naar zuid betreft dit de stroomgebieden van de Geleenbeek, een aantal Maasbeken, de Worm, de Jeker, de Geul en de Noor.

1.2 Focus en afbakening

Omdat de Zuid-Limburgse beekdalen tot de hotspots van biodiversiteit in ons land behoren en na de verbreding van het OBN een benadering vanuit het hoofdlandschap Heuvelland voor de hand lag, is door de directie Kennis van LNV (DK-LNV) in oktober 2007 opdracht gegeven tot het opstellen van een ‘Preadvies Beekdalen Heuvelland’

onder begeleiding van het nieuw ingestelde DT Heuvellandschap. Tegelijkertijd is opdracht versterkt voor de uitvoering van een overeenkomstig preadvies voor de beekdalen in Laag-Nederland, dit onder begeleiding van DT Beekdallandschap. Het moge duidelijk zijn dat tussen beide projecten zoveel mogelijk afstemming heeft plaatsgevonden. Zo is de landelijke typologie van de beekdalen in de lage delen van ons land als een kapstok gebruikt, waaraan de meer lokale typologie van Zuid-Limburg is aangehaakt.

Het Preadvies Beekdalen Heuvelland richt zich op kennisontwikkeling met betrekking tot het integraal herstellen van het Zuid-Limburgse beekdallandschap. Hiertoe zijn zowel de natuurwaarden als de voor dit gebied karakteristieke (en binnen ons land unieke) ecohydrologische en geomorfologische processen en structuren in kaart gebracht. Voor het goed begrijpen van de actuele waarden en mogelijkheden voor herstel is ruim aandacht besteed aan de historische context, die ook in een verdere uitwerking van de geboden adviezen van groot belang zal zijn. Historische kaarten, soortverspreidingsgegevens en oude vegetatieopnamen spelen hierbij een cruciale rol. Hetzelfde geldt voor de invloed van veranderend landgebruik, vooral ten gevolge van intensivering van de landbouw en wisselende inzichten op het gebied van natuurbeheer en natuurontwikkeling. Vanuit deze informatie is een analyse gemaakt wat in de actuele situatie de belangrijkste knelpunten zijn voor karakteristieke soorten en habitattypen, en hoe deze knelpunten kunnen worden opgelost, zodat herstel van de complete levensgemeenschap kan plaatsvinden.

Het gebied waarop dit preadvies betrekking heeft valt – per definitie – samen met de begrenzing van het hoofdlandschap Heuvelland. Dit omvat de hogere delen van Zuid-Limburg, dat grofweg drie deelgebieden omvat. Geografisch ligt de noordgrens van het gebied iets ten zuiden van het dorp Susteren, waar Limburg op zijn smalst is. Het noordelijke deel van het Heuvelland (het lössgebied) wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van dikke lagen lössleem met in de ondergrond een zeer dik pakket tertiaire afzettingen. Het centrale deel van het Heuvelland (het kalkgebied) bestaat uit kalkgesteente, waarbij de aanwezige kalksteen (mergel) al dan niet is afgedekt door dunne lagen lössleem en plaatselijk ook door dunne lagen terrasafzettingen. Het derde deelgebied is het vuursteeneluviumgebied in het zuidoostelijke deel van het Heuvelland. Dit betreft de hoogste delen van het Heuvelland, die een sterk afwijkend karakter hebben. Hier is geen sprake van dagzomend kalkgesteente en het lösspakket is dun, terwijl terrasafzettingen nauwelijks een rol spelen. De bodem wordt bepaald door dagzomend vuursteeneluvium, een sterk verzuurde en uitgeloopte, vuursteenrijke verweringsklei van siliciumrijke kalksteen. Het Heuvelland valt ongeveer samen met de begrenzing van Zuid-Limburg, met uitzondering van het uiterste noordoosten. De drie deelgebieden van het Heuvelland worden als het ware doorsneden of begrensd door een zestal stroomgebieden van beken, het feitelijke onderwerp van dit preadvies. Van noord naar zuid betreft dit de stroomgebieden van de Geleenbeek, van een aantal Maasbeken (waaronder de Ur, de Hemelbeek en de Oude Broekgraaf), de Worm (in het uiterste oosten), de Geul met zijn vele zijbeken, de Jeker (ten westen van de Maas) en ten slotte de Noor, een bovenloop van de Voer, die voornamelijk over Belgisch grondgebied stroomt (zie Afbeelding 1.1). Het voedsel- en basenarme zandgebied bij Brunssum en Schinveld, dat ecologisch, vegetatiekundig en landschappelijk sterk afwijkt van overig Zuid-Limburg, valt buiten het bestek van dit preadvies en is niet in het onderzoek betrokken. Een uitzondering daarop betreft een van de zijbeken van de Rode beek, namelijk het brongebied en dal van de Merkelbekerbeek, dat qua typologie aansluit op de overige Zuid-Limburgse bronbeken.

Het accent in het preadvies ligt op de terrestrische levensgemeenschappen, minder op die van de beken zelf (met uitzondering van de visfauna). De vraagstelling is als zodanig in de opdracht verwoord. De reden daarvoor was dat over de kenmerkende macrofauna (en diatomeeën) van de snelstromende Zuid-Limburgse beken en bronbeken al heel veel bekend is (zie onder meer Verdonschot & Nijboer 2002, Verdonschot et al. 2001 en de macrofaunadatabank van het Waterschap Roer en Overmaas). Terecht genieten deze soortengroepen grote belangstelling en bij het uitwerken van de resultaten van dit preadvies in concrete onderzoeksplannen en beheersmaatregelen moeten deze aspect zeker meegenomen worden. Voor wat betreft

de terrestrische levensgemeenschappen maken verder de zinkgraslanden geen deel uit van het preadvies, gezien het reeds bestaande preadvies. Wel zal specifiek aandacht worden besteed aan de bronbossen en beekbegeleide bossen, die in het zojuist verschenen 'Preadvies Hellingbossen in Zuid-Limburg' buiten beschouwing zijn gelaten (Bobbink et al. 2008). Het begrip 'beekdal' is in het preadvies ruim opgevat, dat wil zeggen inclusief de op hellingen en hellingvoeten gelegen bronsystemen (binnen en buiten het bos). Ten aanzien van de behandelde faunagroepen is ook een beperking doorgevoerd. Wat betreft de gewervelden is gevraagd de focus te leggen op (zoals reeds aangegeven) vissen en amfibieën, binnen de groep van insecten zal specifiek aandacht worden gericht op dagvinders en libellen.

Het perspectief dat in het voorliggende preadvies geboden wordt voor het herstel van beekdalen in Zuid-Limburg kan een in breder kader worden geplaatst dan alleen OBN. Zowel het onderzoek als de daarop volgende herstelmaatregelen dienen mede ingevuld te worden vanuit de doelstellingen en realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water (KRW). Provinciale en rijksoverheid voeren hierbij de regie.

1.3 Leeswijzer

Voor het opstellen van het preadvies is, zoals gebruikelijk, geen nieuw onderzoek verricht, maar is uitgegaan van oude en recente literatuurgegevens, aangevuld met kennis van beheerders en externe deskundigen. Een uitzondering betrof de hellingmoerassen, waarvan de aanwezige lacunes te groot bleken. Daarom is aanvullend een vegetatiekundige inventarisatie verricht, waarbij een groot aantal locaties is bezocht en de nodige beschrijvingen zijn gemaakt. Het preadvies opent met een historische beschouwing van de Zuid-Limburgse beekdalen (Hoofdstuk 2), omdat een dergelijk perspectief noodzakelijk wordt geacht voor een goed begrip van de huidige toestand van de beeklopen en beekdalen in het Heuvelland. Hierbij is onderscheid gemaakt in zogenaamde 'diepe' en 'hoge' dalen, die immers een sterk verschillende achtergrond kennen, zowel in geologische zin als in cultuurhistorisch opzicht. Hoofdstuk 3 beschrijft de sleutelfactoren en sleutelprocessen in de beekdalen van het Heuvelland. Na een korte beschouwing over de bijzondere en complexe geologie van Zuid-Limburg volgt een toelichting op de (in totaal zes) geohydrologische deelgebieden die worden onderscheiden. In een afzonderlijke paragraaf wordt ingegaan op een aantal bodemchemische factoren en processen, waarna een overzicht wordt gepresenteerd van de fysiotopten die binnen de beekdalen van Zuid-Limburg zijn beschreven. Deze worden gerelateerd aan de geohydrologische deelgebieden en verderop in het preadvies ook aan de aanwezige planten, dieren en levensgemeenschappen. De natuurwaarden vormen het onderwerp van Hoofdstuk 4, waarbij achtereenvolgens de flora en vegetatie, de gewervelde dieren (in het bijzonder vissen en amfibieën), vlinders en libellen, en ten slotte de overige ongewervelden aan bod komen. Daarna komen de aantastingen en bedreigingen van de biologische waarden in de Zuid-Limburgse beekdalen aan bod, met aandacht voor landgebruik en beheer (Hoofdstuk 5). In het afsluitende hoofdstuk 6 vindt een synthese plaats. Aangegeven wordt waar de grootste knelpunten bestaan, waar sprake is van hiaten in kennis, en welk onderzoek noodzakelijk is voor een effectief herstel van de beoogde natuurwaarden in de beekdalen van het Heuvelland.

Het project is begeleid door het OBN Deskundigenteam Heuvellandschap. Graag willen we de leden van dit platform die geen auteur zijn van het voorliggende preadvies, van harte bedanken voor de gevoerde discussies aan ingebrachte adviezen. Het betreft de volgende personen: Roland Bobbink (B-ware), Dries Boxman (Radboud Universiteit Nijmegen), Tim van der Broek (Natuurmonumenten), Harry van Buggenum (Waterschap Roer en Overmaas), Jan Hermans (Natuurhistorisch Genootschap, Linne), Hans de Mars (Royal Haskoning, Maastricht), Toos van Noordwijk (Stichting Bargerveen), Arjan Ovaal (Stichting Limburgs Landschap), Bart van Tooren (Natuurmonumenten), Hans Weinrich (Dienst Landelijk Gebied, Roermond), Freek van Westreenen (Staatsbosbeheer), Jo Willems (Universiteit Utrecht) en Friso van der Zee (Directe Kennis LNV).

2 De Zuid-Limburgse beekdalen in historisch perspectief

Voor een goed begrip van de huidige geomorfologische en hydrologische toestand van de Zuid-Limburgse beekdalen is het noodzaak naar het verleden te kijken, zowel naar de processen die zich in geologische tijd hebben afgespeeld als naar de invloeden van de mens in meer recente perioden. Ook zullen veranderingen in het klimaat hun invloed hebben doen gelden, maar deze zijn moeilijk te scheiden van de grote invloed van veranderingen in het landgebruik (De Moor 2006). Vooral over de ontstaansgeschiedenis van de diepe beekdalen in Zuid-Limburg is veel bekend, dankzij het onderzoek van Van de Westeringh in het benedenstroomse deel van de Geul, het benedenstroomse deel van de Gulp en het mondingsgebied van de Eijserbeek (respectievelijk Van de Westeringh 1980a, 1980b, 1979). Het patroon dat hierbij naar voren komt, blijkt analoog aan de ontwikkeling van rivier- en beekdalen in colliene gebieden elders in West-Europa (Brown 1997). Voor de hogere dalen en de kwel- en brongebieden op de beekdalflanken is het beeld minder eenduidig. Hier is naar verhouding weinig bodemkundig onderzoek verricht.

2.1 Cultuurhistorische ontwikkeling van het heuvelland

Gedurende het pleistoceen zijn in de schiervlakte van de Maas door insnijding grotere en kleinere dalen ontstaan. Het Zuid-Limburgse heuvelland is dus eigenlijk veeleer een plateaulandschap met dalen. Tijdens de laatste ijstijd raakt een groot deel van het gebied met löss bedekt. Direct daarna, wanneer het klimaat milder wordt, ontwikkelen zich uitgestrekte bossen, zodat in het Vroeg-Holoceen vooralsnog weinig erosie optreedt. Deze situatie verandert volledig met de komst van de mens. Voor Nederlandse begrippen is de invloed van de mens in Zuid-Limburg al vroeg aanwezig, na de introductie van landbouw in het Neolithicum (4.400-700 voor Chr.). Dankzij onderzoek van Renes (1988, 1993, 2000) hebben we een goed beeld van de daaropvolgende ontwikkelingen. In het Neolithicum vinden de eerste ontbossingen plaats, waarbij de lagere plateaus aan de randen van beekdalen het eerst worden ontgonnen. Pas in de Bronstijd en in de Romeinse tijd is sprake van omvangrijke erosie, als begonnen wordt met de ontginning van de plateaus. In de eerste eeuw na Chr. zijn in delen van het Heuvelland grote landbouwbedrijven aanwezig voor de productie van graan. Vanaf de derde eeuw vindt op de plateaus opnieuw verbossing plaats als gevolg van een sterke bevolkingsafname. In de Vroege Middeleeuwen is de bewoning vooral gelegen op de randen van beekdalen. In de periode 1000-1300 na Chr. is opnieuw sprake van een sterke ontbossing van hellingen en plateaus ten behoeve van de landbouw. Daarbij worden ook steile hellingen ontgonnen. De sterkste veranderingen vinden plaats op de plateaus, die sinds de Romeinse tijd vrijwel onbewoond waren geweest. De centrale delen van de plateaus worden het laatst ontgonnen. Omdat de ontginningen vooral worden uitgevoerd om akkerbouw te kunnen bedrijven, resulteren ze in een sterke erosie van de plateaus en hellingen en vindt op grote schaal afzetting plaats van colluvium en fluviatiel materiaal aan de voet van de hellingen en in de dalen. Colluvium is de term voor hellingmateriaal dat naar beneden zakt en spoelt. De fluviatiele afzettingen omvatten fijn materiaal, afgezet door beken, en puinwaaiers (sedimentatiekegels in diepe dalen, bestaand uit materiaal dat uit een zijdal is gespoeld). De meeste erosie vindt plaats gedurende de periode 1000-1300. Daarna neemt de erosie af door het verkorten van braakperioden, dieper ploegen (zorgt voor meer infiltratie van regenwater) en het invoeren van

evenwijdig aan de hoogtelijnen ploegen. Ook de aanleg van houtwallen op de dalflanken zorgt voor minder afspoeling. In deze tijd ontstaan de voor Zuid-Limburg zo kenmerkende graften. Al met al zijn tegen het einde van de Middeleeuwen nog slechts op kleine schaal bossen aanwezig. De weinige locaties betreffen vooral plekken met onvruchtbare bodems, zoals op de zandige gronden van het Plateau van Ubachsberg en in gebieden met Vaalser groenzanden en vuursteeneluvium in het zuidoosten van het Heuvelland. Verder resteert nog bos op steile en natte hellingen en in de directe nabijheid van dorpen. Door toenemend gebruik voor hout en door beweiding worden deze bossen 'uitgewoond' en ontwikkelen ze zich in de richting van struweel, hakhout en deels ook schraalland (die in Zuid-Limburg met heide worden aangeduid).

Tot omstreeks 1800 is het grootste deel van de ontgonnen terreinen permanent als akker in gebruik. Zelfs op steile hellingen wordt geakkerd. Een uitzondering is het zuidoostelijke deel van het heuvelland, dat wegens het voorkomen van Vaalser groenzanden nauwelijks geschikt is voor akkerbouw. Hier is het aandeel grasland hoger. Ten behoeve van de bodemvruchtbaarheid worden de gronden niet alleen bemest maar ook bekakt (mergelen). Vanaf de 17de eeuw wordt hiervoor steeds meer ongebluste kalk uit kalkovens gebruikt. In de dalen liggen hooi- en weilanden ten behoeve van het vee, dat vooral gehouden wordt voor de bemesting van akkers. Akkerbouw is tot begin van de 19e eeuw evenwel het dominante grondgebruik in het Heuvelland. Daarna wordt veel akkerland omgezet in grasland door specialisatie op veeteelt. Vooral de voor akkerbouw minder geschikte gronden (kuilbrikgronden, ooivaaggronden en Vaalser groenzanden) worden omgevormd. Rondom de dorpen gaat men, mede door de landbouwcrisis aan het einde van de 19e eeuw, over op fruitteelt in hoogstamboomgaarden. Tot aan de Eerste Wereldoorlog worden heggen en houtwallen als veekering gebruikt. Daarna wordt steeds meer gebruik gemaakt van prikkeldraad en neemt het aandeel van heggen en houtwallen sterk af. In de tweede helft van de 20ste eeuw zijn ook veel graften geslecht in het kader van de intensivering van de landbouw.

Er is slechts weinig archeologisch en historisch onderzoek verricht naar ingrepen in de waterhuishouding. Ook de studies van Renes geven hier betrekkelijk weinig zicht op. Een belangrijke reden hiervoor is dat veel ingrepen hebben plaatsgevonden vóór de periode waarin betrouwbare kaarten beschikbaar komen (tegen het einde van de 18e eeuw). Ongetwijfeld hebben de beekdalen, dus watervoerend en geen droogdal, een belangrijke rol gespeeld tijdens de vroege bewoning en ontginning van het Heuvelland. Zoals al genoemd vindt de eerste bewoning plaats aan de randen van de grote beekdalen, aangezien die plekken voor zowel de voedselvoorziening als voor de watervoorziening de beste locaties vormen. Om allerlei redenen vinden in de loop van de tijd ingrepen plaats in het afwateringsstelsel, bijvoorbeeld ten behoeve van de watervoorziening voor huishoudens en voor de aanleg van visvijvers en kasteelgrachten. Ook zijn vermoedelijk al vroeg ontwateringssystemen aangelegd om de productiviteit van de hooilanden te vergroten. Vanaf de Middeleeuwen worden beken ook benut als energiebron door het bouwen van watermolens. In de diepere dalen (met grote beken) legt men hiervoor omleidingen met stuwen aan. In kleine beekdalen worden stuwvijvers aangelegd om voldoende verval en watervolume te creëren. De vijvers doen dan tevens dienst voor de viskweek.

2.2 De ontwikkeling van de diepe dalen

Gedurende het Pleistoceen hebben zich in de schiervlakte van de Maas diepe erosiedalen gevormd, die in de laatste ijstijd een dalbodem bezitten met veel grind en grof zand, materialen die waren afgezet door vlechtende rivieren (Van de Westeringh 1980a; De Moor 2006). Tegen het eind van het Pleistoceen en aan het begin van het Holoceen neemt de erosie af en wordt fijner materiaal (lichte klei) afgezet met plaatselijk wat grind en veenlensjes. Vervolgens treedt een rustige periode aan, gekenmerkt door een geringe afzetting van zware en lichte klei, terwijl op veel plekken veengroei optreedt. De veengroei vindt plaats onder invloed van kwel (vooral uit Vaalser groenzanden en uit kalksteen) en ook onder invloed van overstromingen

met oppervlaktewater. De afvoerdynamiek van oppervlaktewater is in deze periode klein omdat de hellingen en plateaus met bos begroeid zijn. Piekafvoeren waren destijds veel lager dan momenteel. Er vindt weliswaar sedimentatie plaats van mineraal materiaal, maar deze was dusdanig beperkt dat op diverse plekken veenvorming kon plaatsvinden. Volgens De Moor (2006) werd de sedimentatie in het Vroeg- en Midden-Holoceen gedomineerd door afzetting van materiaal in banken en weinig door vlakke sedimentatie. Vlakke sedimentatie kan alleen optreden als de rivierstand tot boven haar oevers uitkomt. Een aanzienlijk deel van deze afzettingen is later weer weggeërodeerd. Het hoogteverschil tussen de rivierbedding en oevers was in die periode niet meer dan ongeveer een meter. Vermoedelijk zijn de beekdalen gedurende het Atlanticum (5500-3000 voor Chr.) grotendeels bedekt met elzenbroeken met her en der boomloze moerassen (Havinga & Van den Berg van Saparoea 1980). Bebossing, veengroei en een gedempte afvoerdynamiek zorgen vermoedelijk voor een diffuus afvoerpatroon van oppervlaktewater via vertakte beekstelsels (*anabranches*) of via stelsels van poelen (Collins & Montgomery 2002; Walter & Merritts 2008).

Na het weinig dynamische Vroeg-Holoceen treden in de volgende perioden sterke veranderingen op. In de dalen neemt de sedimentatie van leem en kleiig materiaal sterk toe als gevolg van de ontginning van plateaus en hellingen. Zoals hiervoor toegelicht zijn er in de geschiedenis twee perioden van intensieve ontginning, respectievelijk in de Romeinse tijd en in de Middeleeuwen. In beide ontginningsperioden is in de beekdalen veel colluviaal materiaal afgezet en bij de monding van hoge zijdalen ontstonden colluviale puinwaaiers. De ontbossing had ook een dramatisch effect op de afvoerdynamiek van het oppervlaktewater. De piekafvoeren namen sterk toe in grootte en frequentie, waardoor nog meer materiaal werd getransporteerd en stroomafwaarts afgezet. De alluviale sedimentatie wordt vanaf dan gedomineerd door afzetting van sediment als gevolg van overstroming buiten de beekoevers (De Moor 2006). De ontginning van het Heuvelland heeft al met al gezorgd voor het huidige, sterk alluviale karakter van de diepe beekdalen, waarbij een enkele meters dikke laag fluviatiel materiaal is afgezet. Het hoogteverschil tussen rivierbedding en oevers is in de ontginningsfase toegenomen tot circa 2 m in de Romeinse tijd en plus minus 3 m in de Hoge Middeleeuwen (De Moor 2006). Omdat het afgezette materiaal vooral uit verspoelde en afgeschoven löss bestaat, bevatten de colluviale en alluviale afzettingen een grote leemfractie. In de Beneden-Geul is deze laag dikker en veelal kalkrijk (Miedema 1980; De Moor 2006). In de diepe dalen van de Geul en Gulp is in de alluviale dalbedding een asymmetrisch patroon ontstaan. Aan één zijde van het dal bevindt zich een oeverwal met bovenin grof siltig materiaal met daarin de beekloop en oude beekbeddingen, en aan de andere dalzijde een kom van fijn siltig of kleiig materiaal met aan de flankvoet veelal een venig of moerig gedeelte. In longitudinale richting kan dit patroon verspringen, zodat we nu eens oeverwallen links en dan weer rechts in het dal aantreffen. Uit het voorkomen van bodems met venig en moerig materiaal ondieper dan 120 cm beneden maaiveld of zelfs dagzomend blijkt dat veengroei ook in de alluviale fase langdurig is doorgedaan. Uit een transect van De Moor (2006) blijkt dat zulke veenvorming daar in de Middeleeuwen eindigde. Het betreft hier dus geen afzetting van veen in lage kommen, maar veen met een andere oorsprong. Grotere veenlichamen liggen asymmetrisch aan één zijde van het dal en kunnen gezien worden als kwelvenen die aan de zijkant van het dal sterk werden gevoed met kwelwater. Blijkbaar konden deze kwelplekken lange tijd moeilijk ontwaterd worden. Daarnaast kon door sedimentatie van kleiig materiaal in de dalvlakte het grondwater moeilijker zijn weg vinden en ging het meer aan de randen van het dal uittreden. Bij de monding van de Eijserbeek (bij Cartils) moet tot in een niet zo ver verleden een kwelveen gefunctioneerd hebben waar zelfs kalk in de vorm van travetijn werd afgezet. Tegenwoordig liggen venige delen vaak lager dan de oeverwallen door inklinking en veraarding. In het dal van de Geleenbeek lijkt bij de sedimentatie minder sortering te hebben plaatsgevonden dan elders. Naast een verandering in sedimentatiesnelheid en afvoerdynamiek is na de ontginning van de beekdalen ook het ruimtelijke afvoerpatroon van het oppervlaktewater veranderd. Menselijke ingrepen zorgden er voor dat het

oppervlaktewater gedwongen werd in één of in sommige gevallen twee of drie lopen door het dal te stromen (Overmars et al. 1996). Het gebruik van oppervlaktewater voor watermolens zal deze situatie sterk hebben bevorderd. Watermolens zijn bekend vanaf de Middeleeuwen. In het Geleenbeekdal bijvoorbeeld kwam ongeveer per twee kilometer dallengte een watermolen voor (Van Bussel 1991). Ook in het Beneden-Geuldal werden dergelijke dichtheden bereikt, met zeven molens op een traject van zo'n tien kilometer. De oudste daarvan dateert uit de 10e eeuw. De fixatie van de beekloop voor watermolens en ook voor behoud van landbouwgrond, die in beken van het formaat van de Geul en Worm door middel van oeverbescherming vrij gemakkelijk is te bereiken, resulteert in een smalle, diepe beekloop. Omdat in de loop der eeuwen wel langzame verplaatsing van de bedding plaatsvond, ontstond een meanderend lengteprofiel. Dit heeft geresulteerd in de typische opbouw van een stroombed op zand en grind met steile oevers van kleiig materiaal. De betegeelde beek kan wel sediment in de dalvlakte afzetten meer heeft nauwelijks de mogelijkheid om dit weer te eroderen. Bij piekafvoeren treedt ook snel overstroming op van de dalvlakte. Gedurende de laatste eeuwen vertoont de Geul een opvallend laag tempo van bochtverleggingen. Tussen 1900 en nu heeft het lengteprofiel zich nauwelijks verlegd (Overmars et al. 1996). De stabiele positie van de beekloop gedurende de laatste eeuwen wordt ook wel gezien als een oorzaak van het ontstaan van zandige oeverwallen (De Moor 2006).

De vele watermolens in de diepe dalen zorgden voor hoge beekpeilen: er moest immers verval worden gecreëerd. Dit werd bereikt door middel van zogenaamde opleidingen en stuwen. Het opstuwen van de beeklopen zorgde voor hoge grondwaterstanden in het beekdal. Onderzoek en historische opgaven hebben dit aangetoond voor onder andere het benedenstroomse deel van de Gulp bij Billinghamuizen en Groenendaal (Westeringh 1980b) en het Nederlandse deel van de Jeker (Vermulst & De Mars 2003). In de 16de eeuw bereikte het aantal watermolens in het Heuvelland zijn hoogtepunt, toen allerlei industriële activiteiten zich hier manifesteerden, activiteiten die voordien in Aken plaatsvonden (Renes 1993). Het stuwen van het water werd doorgaans gestopt, toen omstreeks 1900 de meeste watermolens in onbruik raakten, waarna de beekpeilen over aanzienlijke trajecten lager werden. Of de beken zich na het verwijderen van stuwen ook zijn gaan insnijden, is nog maar de vraag. Momenteel ligt de beekbedding van de Geul, Gulp en Worm op de Pleistocene basis van grind en zand, en het is niet uitgesloten dat dit gedurende het Holoceen altijd het geval is geweest (De Moor 2006). Mogelijk zorgde de aanwezigheid van molenstuwen ervoor dat de beken zich in eerste instantie, ondanks de hoge afvoerdynamiek als gevolg van de grootschalige ontginningen in de Middeleeuwen, weinig konden insnijden. Na het verwijderen van molenstuwen kon het stroombed wel gaan eroderen. In potentie is dat mogelijk omdat bij piekafvoeren de Geul grind kan transporteren (Peters et al. 2001). Ook kan de verdieping van de Grensmaas aan het begin van de 20e eeuw hebben gezorgd voor een verdere insnijding van de Beneden-Geul, maar hiervoor bestaan geen duidelijke aanwijzingen (Overmars et al. 1996). In het Geleenbeekdal hebben ook mijnverzakkingen in de 20e eeuw een grote invloed gehad op de grondwaterstanden. In delen met sterke verzakking trad vernatting op. Omdat de verzakkingen ongelijkmatig waren, werd ten behoeve van voldoende drooglegging het beekprofiel van de Geleenbeek aangepast. In daltrajecten met weinig verzakking leidde dit tot een verdiepte beek en daarmee juist tot verdroging, omdat het profiel werd afgestemd op de meest verzakte daldelen. Van grote betekenis voor de afvoerpatronen van de beken in Zuid-Limburg zijn mogelijk ook de toegenomen verharding en verstedelijking in de stroomgebieden gedurende de tweede helft van de 20e eeuw. Een studie van Chu Agor (2003) laat geen duidelijk effect zien voor het stroomgebied van de Geul, maar mogelijk ligt dit anders voor de stroomgebieden van de Geleenbeek en de Worm wegens de relatief grote oppervlakte aan verstedelijkt gebied in deze contreien (Geleen, mijnstreek). Omdat het stroombed van de beken op een enkele meters dikke laag van goed doorlatende beekdalopvullingen van zand en grind ligt, bezitten de beken een grote drainagecapaciteit. Peilverlaging van de beek zal daardoor een groot effect hebben op de grondwaterstanden in het beekdal.

Het moge duidelijk zijn dat de verlaging van de beekpeilen in de 20e eeuw (na het beëindigen van de stuwing) op veel plaatsen geleid heeft tot verdroging van de beekdalen, maar dit is niet de enige oorzaak van de minder natte omstandigheden die we thans op veel plekken tegenkomen. Van grote invloed is ook de toename van zogenaamde detailontwatering, dus van lokale drainage (Vermulst 2002). Door de diepe ligging van het stroombed en de opgetreden beekpeilverlagingen was het zonder grootschalige ingrepen mogelijk om kwel- en bronzones in het dal te ontwateren. Onder vrij verval konden met behulp van slootjes en buisdrains natte delen worden ontwaterd. Omdat deze ontwatering vooral op basis van particuliere ingrepen tot stand is gekomen en niet door middel van ruilverkavelingen zoals elders in Nederland vaak het geval is geweest, is dit proces en daardoor ook de ontwatering zelf slecht gedocumenteerd. Ook werden bronnen gedempt met grond in combinatie met afvoer van het water via een drain. Omdat veel ontwatering plaatsvindt met behulp van buisdrains, is ze weinig zichtbaar. Waterloopjes in de dalvlakte die het uiterlijk hebben van bronbeekjes, kunnen hun oorsprong hebben in gegraven waterloopjes ten behoeve van ontwatering. Ongepubliceerde gegevens uit het archief van De Wever maken duidelijk dat in het begin van de 20e eeuw de drooglegging plaatselijk ook plaatsvond door ophoging met grond.

De delen van beken die niet zijn gekanaliseerd in diepe dalen als de Geul en Worm zijn op dit moment zeer actief wanneer de beekloop niet meer wordt gefixeerd. Veel oevers zijn instabiel en in buitenbochten treedt laterale erosie op, die lokaal tot 2 m per jaar kan bedragen. Sinds 1935 wordt het stroombed van de Geul ook geleidelijker breder (De Moor 2006). Door zijwaartse erosie treedt verbreding van het stroombed op tot op het niveau van de Pleistocene basis van grind en zand (Overmars et al. 1996). In feite vormt zich op een lager niveau een nieuw terras in de dalvlakte. In de Worm treedt dit proces momenteel op bij Haanrade en in de Geul bij Partij. Het omvallen van bomen versterkt de verbreding (Overmars et al. 1996; Peters et al. 1999a, 1999b). Zowel in de Worm als in de Geul treedt een ontwikkeling op naar een vlechtend riviertje met een grindbedding en met een hoge morfo- en hydrodynamiek. We moeten hierbij aantekenen dat deze ontwikkeling plaatsvindt onder de huidige hoge afvoerdynamiek en daarmee dus sterk afwijkt van de ontwikkeling aan het begin van het Holoceen, toen sprake was van een gedempte afvoerdynamiek. Destijds waren in de grote dalen laag-dynamische en vermoedelijk vertakte beekstelsels aanwezig en trad in het Geuldal op veel plekken veenvorming op. De huidige ontwikkeling naar vlechtende beekstelsels is daarom niet zo zeer de terugkeer naar de natuurlijke situatie van het Vroeg-Holoceen als wel een nieuwe ontwikkelingsfase onder een afvoerregime dat gedurende het Laat-Holoceen door ontginning en verstedelijking van het landschap is ontstaan. De ontwikkeling naar een breder stroombed met een vlechtend beekstelsel biedt door toename van structuurvariatie met permanente en tijdelijke poelen en invloed van kwel trouwens wel perspectief voor een soortenrijkere beekbedding en de ontwikkeling van broekbos.

In de dalvlakte van de Geul treden nog regelmatig overstromingen op en vindt ook nog sedimentatie plaats. De frequentie van overstromingen is echter ten opzichte van de voorgaande eeuwen sterk afgenomen. Leenaers (1989) mat in het Geul-traject tussen Gulpen en Wijlre in de periode 1963-1988 een hoge sedimentatiesnelheid (0,87-1,41 cm/jaar). Het gaat hierbij om meetlocaties dicht langs de rivier. Het sediment betreft met zware metalen vervuild materiaal uit de dalvlakte van een bovenstrooms gedeelte van de Geul. Ook op enkele andere meetlocaties in het Geuldal blijkt de sedimentatiesnelheid hoog te zijn (Leenaers 1989), hoger dan ze gedurende vele eeuwen sinds de ontginning van het Heuvelland is geweest. Immers, met een dergelijke snelheid gedurende eeuwen zouden de kleiige afzettingen veel dikker moeten zijn geworden dan ze nu zijn (enkele meters). Mogelijk hebben deze hoge snelheden toch vooral betrekking op banken in het stroomgebied en gelden ze niet de gehele dalvlakte.

2.3 De ontwikkeling van de hoge beekdalen

Analoog aan de ontwikkeling van de diepe beekdalen zullen de hoge beekdalen en ook de kwelgebieden op beekdalhellingen sterk zijn beïnvloed door ontbossing van het Heuvelland. In hoge beekdalen zal door erosie van löss veel colluvium zijn afgezet. Hoewel nauwelijks onderzoek is verricht naar het voorkomen van veen in de hoge dalen, zullen kwel- en hellingveentjes die vroeg in het Holoceen tot ontwikkeling waren gekomen, onder het colluvium zijn verdwenen. Kwel- en brongebieden zullen ook te maken hebben gekregen met veel meer inspoeling van mineraal materiaal en later ook meststoffen. De in de smalle, hoge beekdalen aanwezige natte graslanden en bronbossen zullen tot aan het begin van de 19e eeuw op veel plaatsen zijn begrensd door hoger gelegen akkers. Grotere bron- en kwelcomplexen, zoals het Bunder- en Elsoërbos en het groenzandgebied bij Epen-Cottessen, zullen door hun grotere areaal aan bos en grasland minder 'contact' hebben gehad met het akkergebied, maar ook hier vond aan de bovenzijde van de complexen tot aan het begin van de 19e eeuw akkerbouw plaats. Deels hebben de kleine beekdalen, net als de diepe dalen, onder invloed gestaan van opstuwning van beek- en bronwater door de aanleg van watermolens en visvijvers. Op de cultuurhistorische kaart van Renes (1993) worden watermolens aangegeven in het Gulpdal, Eyserbeek en Selzerbeek. Bij de laatste twee beken waren molens tot in de bovenloop aanwezig.

Slechts enkele van de hoger gelegen kwel- en broncomplexen zijn niet ontgonnen. Dit geldt voor het Bunder- en Elsoërbos, voor het Kloosterbos ten noorden van St. Gerlach en voor het Ravensbos ten noorden van Houthem-Valkenburg. De meeste van die complexen en ook veel geïsoleerde bronnen en kwelplekken zijn al vroeg in gebruik genomen als hooiland en/of weiland. Vermoedelijk is ook veel ingegrepen in de hydrografie door het graven van waterloopjes vanaf bronnen en kwelplekken. Het water van bronnen - ook de kleine - loopt nu veelal weg via bronbeekjes en het is de vraag of dat altijd zo geweest is. In een natuurlijke situatie kan kwelwater ook lager op de helling infiltreren of meer diffuus een weg naar beneden zoeken. Veel natte terreindelen met kwel in de hogere beekdalen en beekdalflanken zijn ook ontwaterd met behulp van greppels en buisdrainage. Deze ontwatering zal net als in de diepe dalen geleidelijk in de 20e eeuw (of eerder) zijn aangelegd en kon onder vrij verval gemakkelijk worden gerealiseerd. Bronnen en kleinere kwelplekken zijn ook op veel plaatsen dichtgegooid met grond met het oog op intensivering van het landgebruik. Beekjes zijn vaak overkluisd, vooral op plaatsen waar beekjes bewoningskernen passeren. Zowel ontwatering als het dempen is nauwelijks gedocumenteerd en door gebruik van buisdrainage weinig zichtbaar. Een belangrijke oorzaak voor de verdroging van bron- en kwelplekken is ook de insnijding van beken als gevolg van de toename van hoge afvoerpieken. Piekafvoeren zijn de laatste eeuw in hoogte en frequentie toegenomen door verstedelijking, aanleg van riooloverstorten en effluentlozingen van rioolzuiveringsinstallaties, maar in welke mate dit effect heeft, is sterk afhankelijk van de lokale situatie. Bovendien wordt de waterkwaliteit en het hydrologische regime van diverse beken voor een deel bepaald door de situatie in België (Geul en Gulp) of Duitsland (Selzerbeek, Worm).

3 Sleutelfactoren en sleutelprocessen in de beekdalen van het Heuvelland

Voor het beschrijven van de sleutelfactoren en sleutelprocessen in de Zuid-Limburgse beekdalen is gekozen voor een benadering vanuit geohydrologische gebieden en fysiotopten, die via een kruistabel met elkaar in verband worden gebracht. Zoals in het hiernavolgende zal worden toegelicht en al eerder in de Inleiding is aangegeven (Par. 1.2), is op het hoogste gebiedsniveau sprake van een driedeling, die grofweg neerkomt op een lössgebied in het noorden, een kalkgebied in de centrale delen van het Heuvelland en een vuursteeneluviumgebied in het uiterste zuidoosten. Een fysiotoop is een door een complex van abiotische factoren gedefinieerde ruimtelijke eenheid die bepalend is voor het ter plekke voorkomen van een plantensoort of vegetatietype (De Waal 2007; voor het beschrijven van Vegetatiecomplexen en hun binding aan fysiotopten, zie Schaminée 2007). Er is in deze studie dus niet gekozen voor een benadering vanuit de afzonderlijke stroomgebieden, omdat we dan te vaak in herhaling zouden moeten vallen, hetgeen de leesbaarheid van het preadvies niet ten goede zou komen. Voorafgaand aan de beschrijving van de geohydrologische deelgebieden wordt kort ingegaan op de ingewikkelde geologie van het Heuvelland. Na de bespreking van de deelgebieden en voorafgaand aan de beschrijving van de fysiotopten wordt in een afzonderlijke paragraaf ingegaan op een aantal belangrijke bodemchemische en hydrochemische factoren en processen.

3.1 Geologie op hoofdlijnen

Het Heuvelland is, zoals in het voorgaande hoofdstuk al is aangegeven, ontstaan uit een schiervlakte van de Maas aan de noordrand van de Ardennen. Het aanwezige reliëf van plateaus en dalen is in sterk mate bepaald door de insnijding van rivieren en beken in deze schiervlakte. De geologische afzettingen waaruit de plateaus en de basis van de beekdalen zijn opgebouwd, stammen uit vier verschillende geologische perioden: Carboon, Krijt, Tertiair en Kwartair. De geologische gelaagdheid varieert in het Heuvelland van zuidoost naar noordwest door het in deze richting geleidelijk aflopen van deze geologische afzettingen. In de genoemde richting neemt de ouderdom van de bovenste Prekwartaire laag af. Door geologische breuken met een zuidoost-noordwestelijke oriëntatie varieert de hoogteligging van afzettingen ook sprongsgewijs in zuidwest-noordoostelijke richting. Erosiedalen in de vroegere schiervlakte leveren in combinatie met dit geologische patroon een ruimtelijk sterk verscheiden patroon op van de geologische afzettingen in de dalen en hun intrekgebieden op de plateaus. Daardoor is de geohydrologische opbouw van het Heuvelland bijzonder complex, waarbij zowel zachte als harde afzettingen bepalend zijn.

De geologische basis wordt gevormd door afzettingen uit het Carboon. Deze slecht doorlatende afzettingen van zandsteen, schalies en steenkool dagzomen in het zuidoosten plaatselijk in diepe beekdalen, en lopen verder naar het noordwesten af onder een helling van 1 à 2 %.

Op het Carboon liggen diverse afzettingen uit het Krijt. De Krijt-afzettingen lopen eveneens van zuidoostelijke richting naar noordwestelijke richting af onder een zelfde helling van 1 à 2 %. Door breuken komen plaatselijk sprongen in de hoogteligging van de afzettingen voor. In oplopende volgorde van ouderdom bestaan de Krijt-afzettingen uit Akener zanden, Vaalser groenzanden en kalksteen. De Akener zanden zijn afgezet in

een kustmoeras en bestaan uit kleilagen met resten van planten, afgewisseld met zandlagen. In de hieropvolgende periode werd bijna heel Zuid-Limburg overspoeld door een ondiepe zee, waarin de Vaalser Groenzanden zijn afgezet. Dit zijn glauconiet houdende afzettingen die sterk gelaagd zijn, met een afwisseling van fijnzandig en kleiig materiaal. Boven deze afzettingen liggen verschillende kalksteenpakketten, ontstaan in een subtropische binnenzee. Binnen het kalksteen kunnen drie hoofdformaties worden onderscheiden: de Gulpense kalken, de Kunrader kalken en de Maastrichtse kalken (de zachte Gulpense en Maastrichtse kalken worden veelal ook als krijt aangeduid). Vooral in de Kunrader kalken komt relatief veel zand en klei voor, duidend op een onrustig afzettingmilieu in de nabijheid van een kust. De Maastrichtse kalken zijn als gevolg van verkarsting beter doorlatend dan de diepere lagen van de Gulpense kalken. De kalksteen is over het algemeen niet zwaar verkarst, omdat de kalksteen voor een groot deel landurig was afgedekt met andere afzettingen. Vergaande verkarsting treedt alleen op wanneer de kalksteen dagzoomt. Geologische breuken zorgen plaatselijk voor een grote verticale doorlatendheid. De bovenste delen van de kalksteenafzettingen zijn in een latere fase tot verscheidene meters diepte sterk uitgelopen. Daardoor zijn pakketten van vuursteeneluvium met leem ontstaan, zoals die momenteel worden aangetroffen op de zuidoostelijke plateaus van het Heuvelland.

In het noordelijke deel van Zuid-Limburg dagzomen geen kalksteenpakketten, maar is op het kalksteen een dik pakket Tertiaire afzettingen met Oligocene en Miocene kleien en zanden afgezet, ontstaan in getijdenlagunes. Vooral de Oligocene afzettingen zijn gelaagd door een afwisseling van kleien en zanden. De basis van deze afzetting is sterk kleiig en daardoor zeer slecht doorlatend. De Miocene afzettingen bestaan grotendeels uit een sterk uitgelopen zandpakket (zilverzand), met plaatselijk slecht doorlatende tussenlagen.

Ook de Oligocene en Miocene afzettingen lopen globaal van zuidoostelijke richting naar noordwestelijke richting af. Ze worden eveneens door diverse geologische breuken met een zuidoost-noordwestelijke oriëntatie onderbroken, waardoor in zuidwest-noordoostelijke richting grote verschillen in hoogteligging optreden. Hierdoor kunnen ook watervoerende lagen van de oudere Vaalser Groenzanden en kalksteenpakketten lateraal contact hebben met die van Oligocene en Miocene pakketten en Maasterrasafzettingen. Zulk hydraulisch contact treedt evenwel alleen op als het breukvlak niet versmeerd is. De beweging van afzettingen langs breukvlakken heeft veelal geleid tot versmering, waarbij een dunne, slecht doorlatende verticale leemlaag ontstaat. Zulke versmering treedt op als leem- en kleilagen in de afzettingen voorkomen. Bij versmeerde breukvlakken is het verschil in stijghoogte van het grondwater aan weerszijde van de breuk groot. De tektonische beweging langs breukvlakken is ook van invloed geweest op de oriëntatie van sommige beekdalen (bijvoorbeeld van de Geleenbeek).

Boven op de afzettingen uit het Krijt, Mioceen en Oligiceen zijn in geheel Zuid-Limburg, met uitzondering van het Eiland van Ubachsberg, tijdens het Vroeg-Pleistoceen grove rivierzanden en grinden afgezet onder invloed van vlechtende rivieren in de aanwezige schiervlakte. In deze rivierafzettingen komen plaatselijk slecht doorlatende leem- en kleilaagjes voor.

Door de tektonische opheffing van het gebied is Zuid-Limburg steeds hoger komen te liggen en heeft de Maas zich ten westen van het Plateau van Margraten ingesleten en daarmee het terrassenlandschap van het tegenwoordige Maasdal gevormd. De restanten van de oudste terrassen liggen op het hoogste niveau. Het laagste terras komt overeen met het dal van de huidige Bovenmaas en Grensmaas en bestaat hoofdzakelijk uit grove zanden en grinden. Zijkeden en riviertjes van de Maas hebben zich ook ingesneden, waardoor oude afzettingen dagzomen of dicht onder maaiveld aanwezig zijn op de hellingen en in de beekdalen. De dalen van de Geul, Geleenbeekdal, Jeker, Worm en Voer zijn diep ingesneden. De diepere dalen hebben onder de latere Holocene afzettingen een goed doorlatende laag van grof grind en zand afkomstig van verspoelde Maasterrasafzettingen dat door vlechtende riviertjes is afgezet.

Na het ontstaan van de erosiedalen in het plateau heeft zich tijdens het Laat-Pleistoceen een eolisch lössdek gevormd. De dikte van het lösspakket varieert sterk maar kan plaatselijk tot 15 m dik zijn. In het noordoostelijke deel van het Heuvelland (Centraal Plateau) zijn de lössafzettingen het dikst. De löss is kalkrijk afgezet, maar de bovenste 2-3 m is in latere tijden ontkalkt. Door het koude klimaat gedurende de lössafzettingen heeft solifluctie een grote invloed gehad op de morfologie van hoge dalen. Vaak hebben deze een asymmetrisch dwarsprofiel.

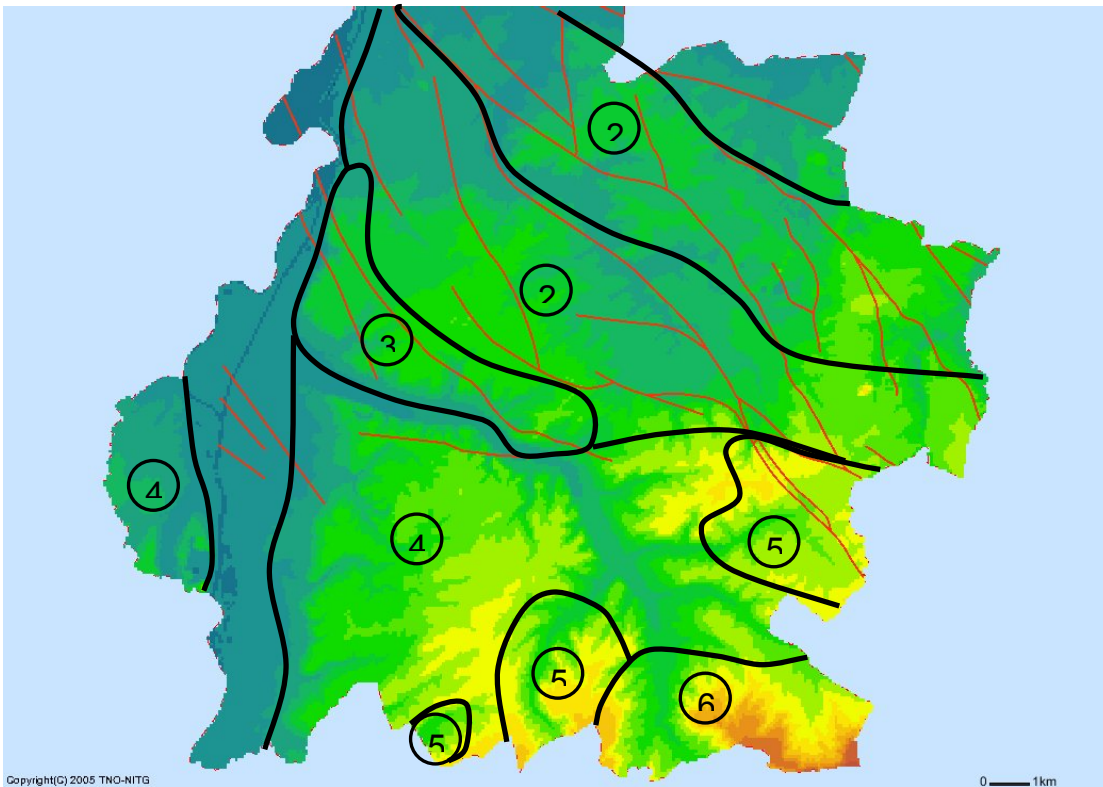
De bodem in Zuid-Limburg bestaat grotendeels uit ter plaatse afgezette löss of verplaatste löss. Tijdens het Vroeg- en Midden-Holoceen trad weinig erosie op, omdat in het gematigde klimaat plateaus en beekdalen met bos begroeid waren. De ontginning van de plateaus en de hellingen tijdens het Laat-Holoceen heeft echter geleid tot een sterke erosie. Hierdoor is op de meeste plaatsen het lössdek weggeërodeerd. Op steile hellingen zijn daardoor Krijt, Tertiaire afzettingen en Pleistocene rivierafzettingen komen te dagzomen. Het grootste deel van het erosiemateriaal is afgezet als colluvium op hellingen en in hoge dalen. In de diepe beekdalen is een aanzienlijke hoeveelheid van het erosiemateriaal afgezet als alluviale afzettingen van sterk lemige klei en lokaal zandige materiaal. Hier zijn aan de uiteinde van hoge zijdalen ook puinwaaiers gevormd. De meeste erosie en sedimentatie zijn opgetreden gedurende de Late Middeleeuwen (De Moor 2006). Gedurende het Holoceen is in de diepere dalen op relatief grote schaal veenvorming onder invloed van toestroming van grondwater opgetreden. Door de erosie van de plateaus en hellingen als gevolg van ontginning is een groot deel deze venen overdekt met colluvium en alluviale afzettingen. Vermoedelijk is ook een groot deel van deze venen geërodeerd door de toegenomen afvoerdynamiek tijdens het Laat-Holoceen.

3.2 Geohydrologie en geohydrochemie

Door de ruimtelijke verscheidenheid aan geologische afzettingen, diverse geologische breuken en de aanwezigheid van diep ingesneden dalen is, zoals in de vorige paragraaf is belicht, een grote variatie aanwezig in de geologische opbouw van het Heuvelland. Deze variatie heeft direct zijn weerslag op de geohydrologische gesteldheid, die de basis vormen voor de sturing van standplaatscondities en landschappelijke positie van grondwaterafhankelijke natuur. Dit komt tot uiting in grote verschillen in de ruimtelijke positie van bron- en kwelgebieden in het landschap, de dynamiek van het grondwater, de chemische samenstelling van het water en de gevoeligheid voor verdroging en eutrofiëring. In de volgende paragrafen zal een indeling worden gepresenteerd in geohydrologische deelgebieden, waarna specifiek wordt ingegaan op een aantal bodemchemische en hydrochemische condities en processen.

3.2.1 Indeling en verspreiding van geohydrologische gebieden in het Heuvelland

Op grond van geohydrologische kenmerken worden in het Heuvelland drie groepen van geologische formaties onderscheiden, verdeeld over zes deelgebieden. Deze geohydrologische indeling is gebaseerd op geologische informatie uit het geohydrologische applicatiesysteem *Regis* en hydrologische en geohydrologische informatie uit diverse lokale studies. De verspreiding van de geohydrologische deelgebieden is weergegeven in Afbeelding 3.1. Opgemerkt moet worden dat de afbakening van de eenheden in het noordoostelijke deel van het Heuvelland (het stroomgebied van de Geleenbeek) onzekerheden bevat, die te maken hebben met de complexe geologie door de vele breuken die hier aanwezig zijn. De geohydrologie kan hier feitelijk alleen adequaat worden beschreven door analyse van gegevens op lokale en subregionale schaal. Afbeelding 3.2 laat een aantal dwarsdoorsneden zien langs de verschillende geologische formaties en geohydrologische deelgebieden, waarbij de nummers in de cirkels corresponderen met de nummering van de geohydrologische eenheden. Tabel 3.1 bevat een overzicht van de geohydrologische deelgebieden met een kruisverwijzing naar de fysiotopten (zie Par. 3.3).



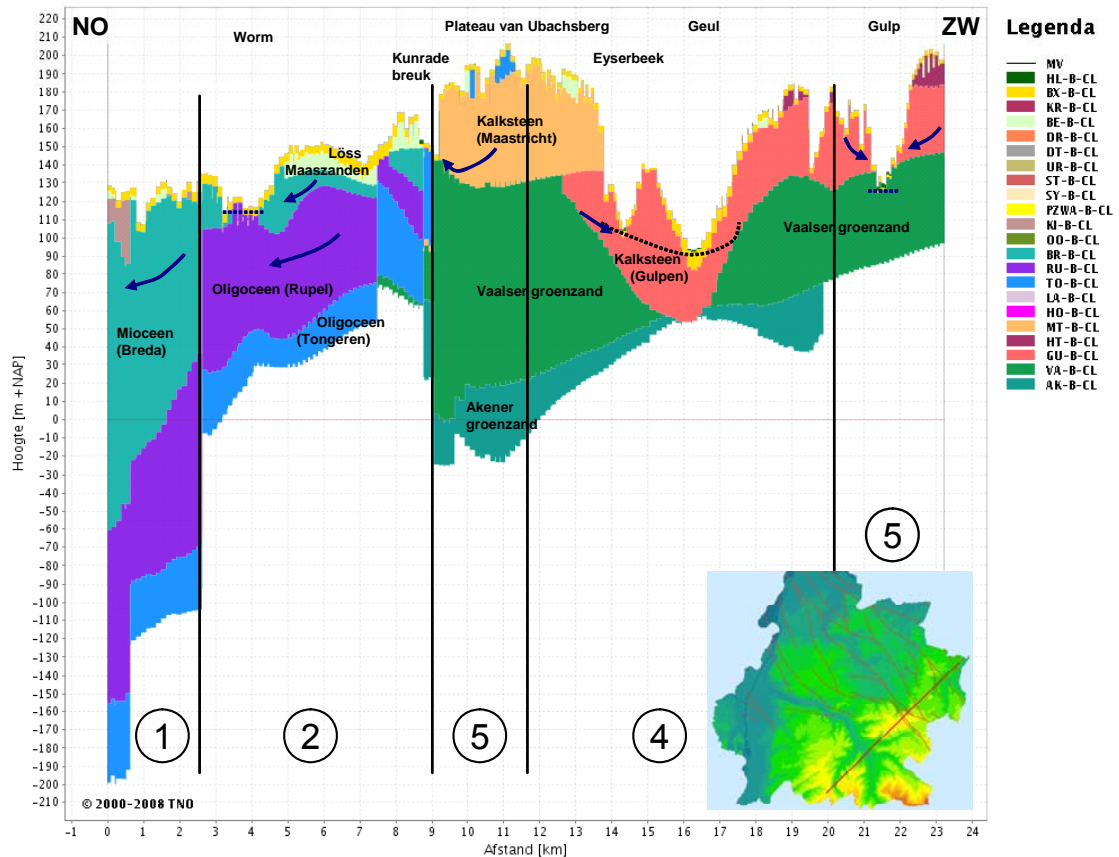
Afbeelding 3.1. Indeling van Zuid-Limburg in een zestal hydrogeologische deelgebieden. De deelgebieden 1,2 en 3 zijn grofweg aan te duiden als het 'lössgebied', deelgebied 4 als het 'kalkgebied', en deelgebieden 5 en 6 als het 'vuursteeneluviumgebied'.

Tabel 3.1 De relatie tussen de geohydrologische deelgebieden in Zuid-Limburg en de morfologie, fysiotopen en hydro-ecologische beekdaltypen uit het preadvies 'Beekdalen Laag Nederland'.

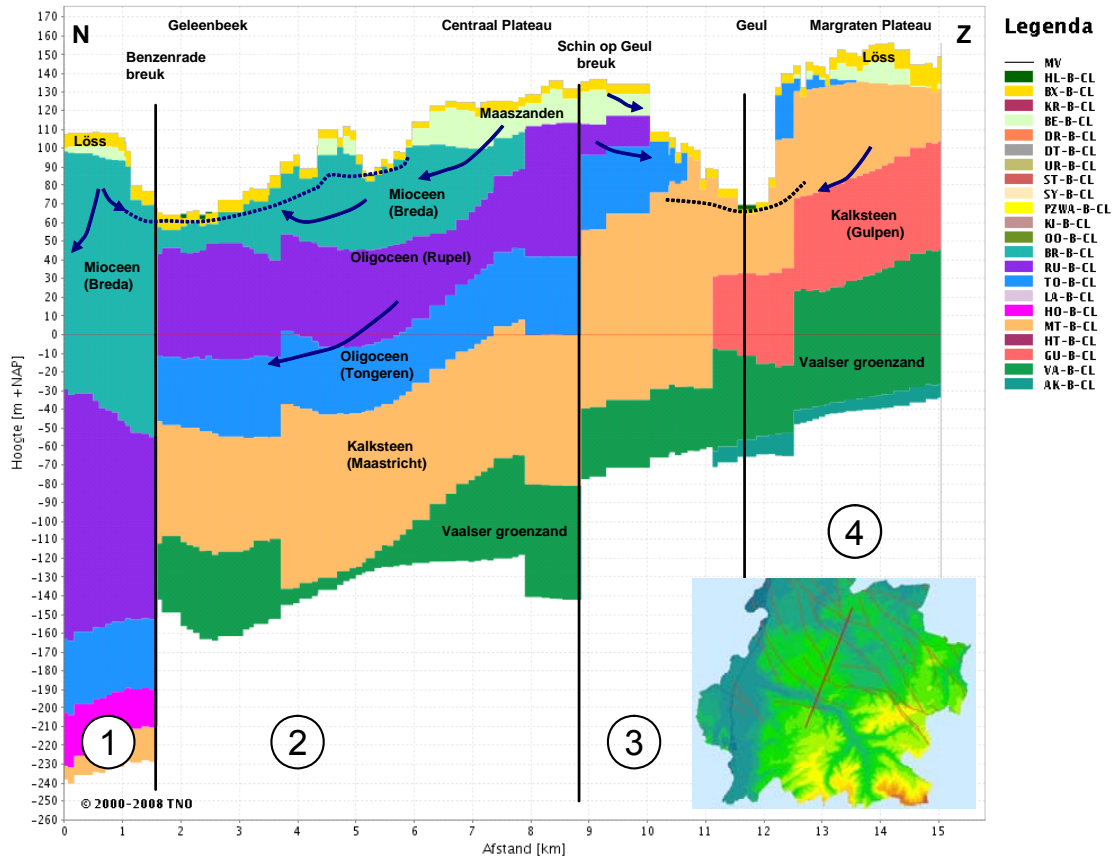
Geohydrologie	Morfologie dalen		Fysiotopen										Hydroecologische beekdaltypen (Preadvies Beekdalen)					
	heuvelandbeekdalen bronnen en bronbeken	fluviaalbeekdalen	1a. Bronzones en bronnen	1b. Bronbeken	2a. beeklopen van kleine beekdalen	2b. droge dalbodems van kleine beekdalen	2c. natte laagten van kleine beekdalen	3a. beeklopen van grote dalen	3b. beeklopen van grote beekdalen	3c. Kalkarme oeverwallen en hogere dalvlakten van grote beekdalen	3d. Kalkrijke oeverwallen en hogere dalvlakten van grote beekdalen	3e. Genormaliseerde beeklopen van grote beekdalen	3f. Nette (dalvormige) laagten van grote beekdalen	3g. Kavelvoede kommen van grote beekdalen	3h. Nette (dalvormige) laagten van grote beekdalen	Sterk hellend, hoge beekdalen met lokale kwel; sterke kwel, basenrijke matig basenrijk	Sterk hellend, hoge beekdalen met lokale kwel; basenrijk, evt. kalk in topsysteem	Sterk hellend, lage beekdalen: regionale kwel, overstroming, basenrijk
Oligocene en Miocene afzettingen in flanken van diepe dalen	●		●	●											○	●		
Oligocene en Miocene afzettingen in flanken en dalen van middeldiepe dalen	●	●	●	●	●	●	●								●	●		
Miocene afzettingen in dagzomend in dalen van middeldiepe beekdalen	●	●	○	●	●	●	●									pas geen type bij; bijzonder is dat diepe systeem in Mioceen matig basenrijk is en eventuele lokale systemen basenrijk door kalk in onderste loss laag		
Akener en Vaalser groenzanden in flanken van diepe dalen	●		●	●											●	●		
Vaalser groenzanden dagzomend in dalen	●	●	○	●	●	●	●	○					○			●		○
Kalksteen in flanken en onder dalbodem van diepe dalen		●	●	●				●	●	●	●	●	●	●				●

Tabel 3.1 De relatie tussen de geohydrologische deelgebieden in Zuid-Limburg en de morfologie, fysiotopen en hydro-ecologische beekdaltypen uit het preadvies 'Beekdalen Laag Nederland'.

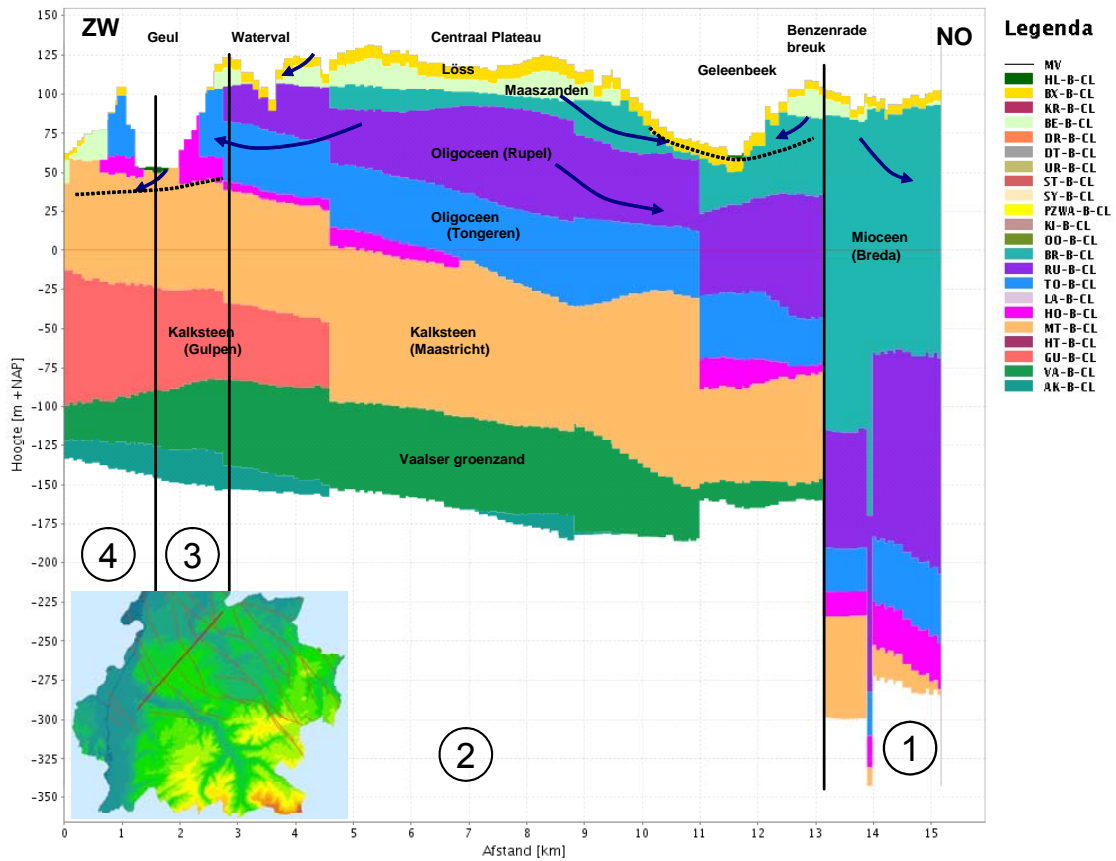
Geohydrologisch deelgebied	Fysiotopen											Hydroecologische beekdaltypen Preadvies Beekdalen (Aggenbach et al. 2008)						
	bronnen en bronbeken: bronzones en bronnen (1a)	bronnen en bronbeken: bronbeken (1b)	kleine beekdalen: beeklopen (2a)	kleine beekdalen: droge dalbodems (2b)	kleine beekdalen: natte laagten (2c)	grote beekdalen: beeklopen (3a)	grote beekdalen: natte laagten (3b)	grote beekdalen: bronnen (3c)	grote beekdalen: kweilgevoede kommen (3d)	grote beekdalen: kweilgevoede kommen zonder kweil (3e)	grote beekdalen: kalkarme oeverwallen en hogere dalvlakten (3f)	grote beekdalen: kalkrijke oeverwallen en hogere dalvlakten (3g)	grote beekdalen: genormaliseerde beeklopen (3h)	grote beekdalen: natte dalvormige laagten (3i)	lokale kweil: sterke kweil, basenarm-matig basenrijk (5A)	Sterk hellend, hoge beekdalen met lokale kweil: sterke kweil, basenarm-matig basenrijk (5A)	Sterk hellend, hoge beekdalen met lokale kweil: basenrijk, evt. kalk in topsysteem (5C)	Sterk hellend, lage beekdalen met kweil (5A)
L1	Miocene afzettingen in dagzomend in dalen van middeldiepe beekdalen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
L2	Oligocene en Miocene afzettingen in flanken en dalen van middeldiepe dalen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	
L3	Oligocene en Miocene afzettingen in flanken van diepe dalen	●	●												○	●		
K1	Kalksteen in flanken en onder dalbodem van diepe dalen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	
V1	Vaalsler groenzanden dagzomend in dalen	●	●	●	●	○				○						●	○	
V2	Akener en Vaalsler groenzanden in flanken van diepe dalen	●	●	●												●		



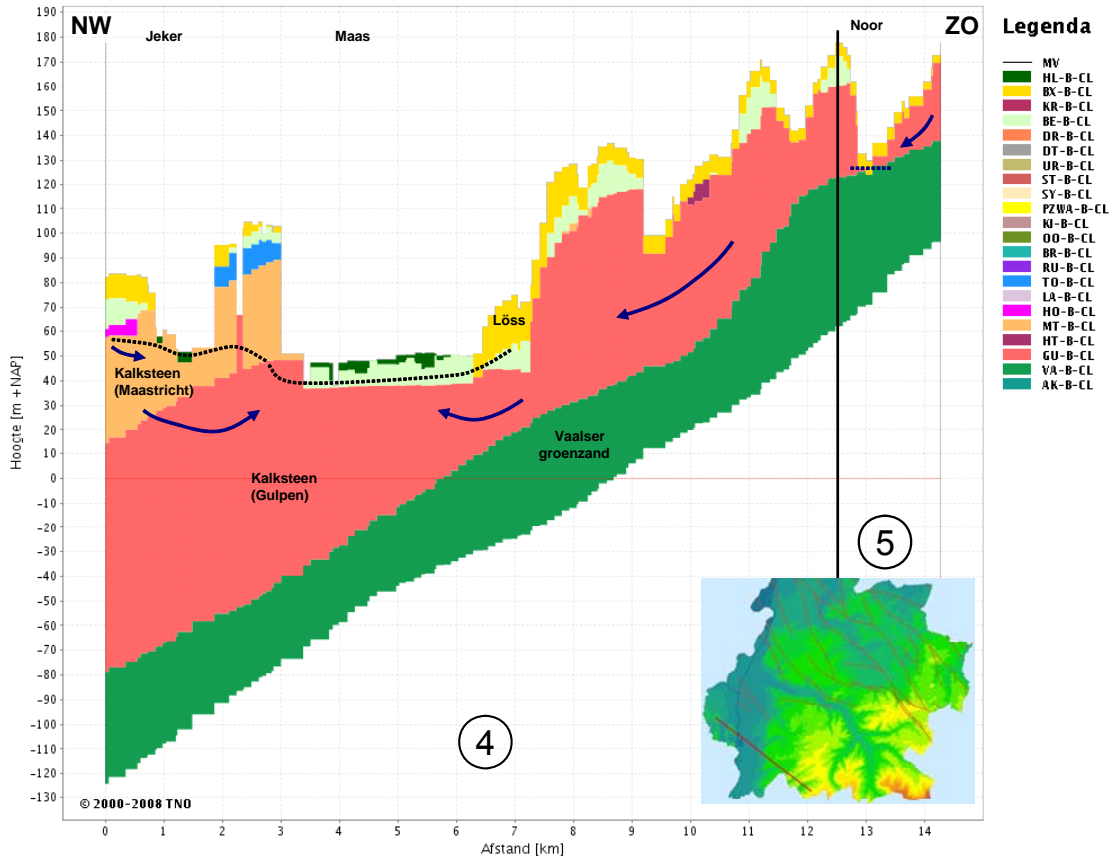
Afbeelding 3.2.a



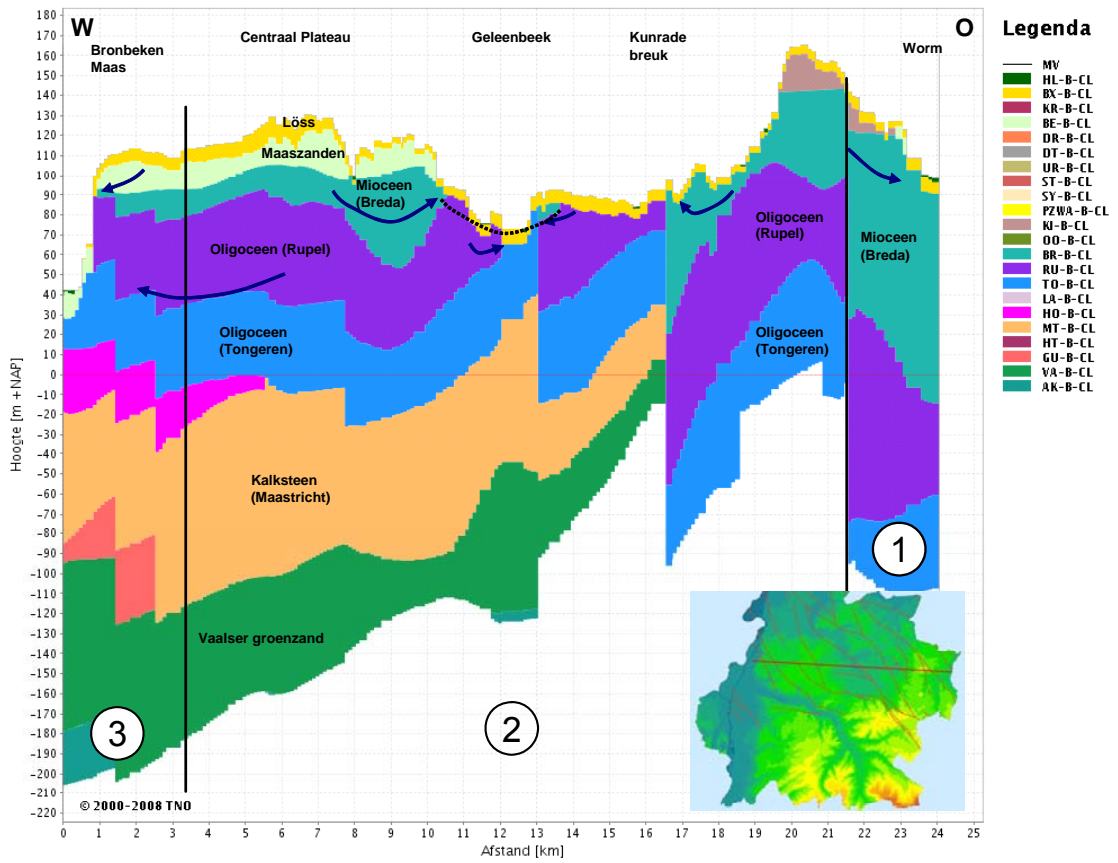
Afbeelding 3.2.b



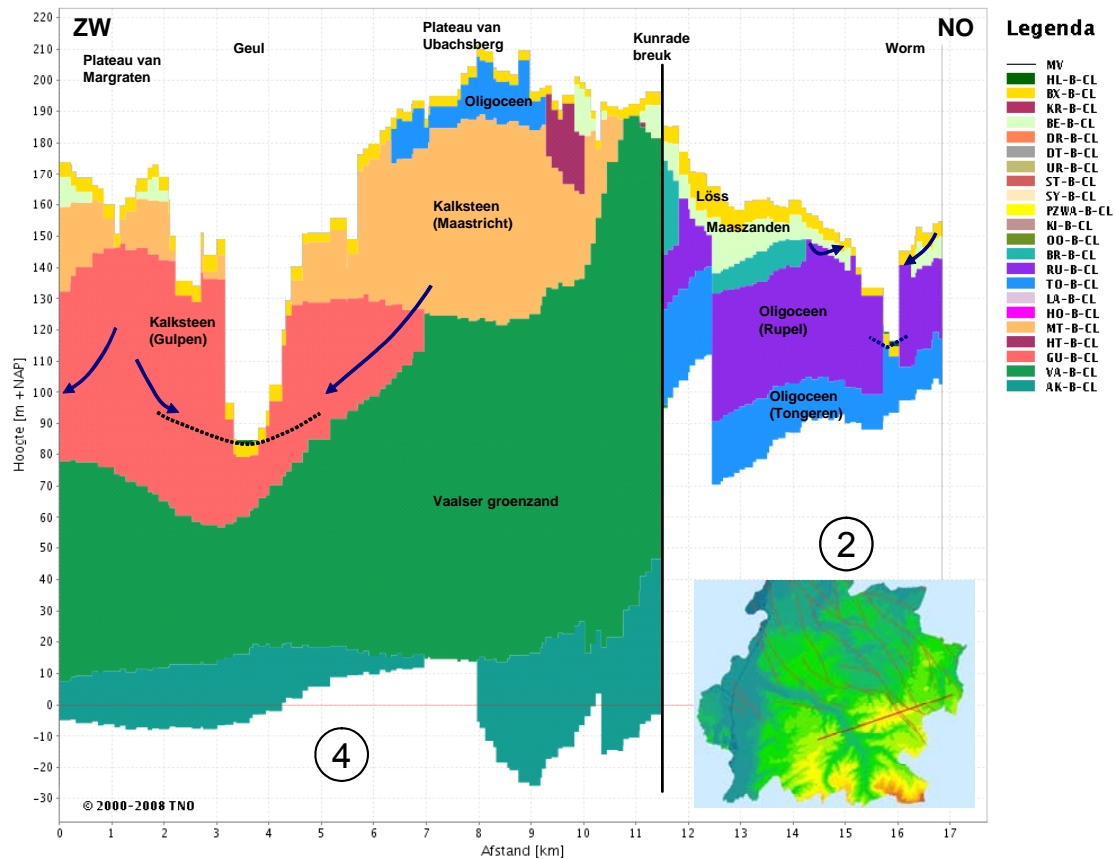
Afbeelding 3.2.c



Afbeelding 3.2.d



Afbeelding 3.2.e



Afbeelding 3.2.f

Afbeelding 3.2.a –f Dwarsdoorsneden met geologische formaties en geohydrologische deelgebieden. De nummer in de cirkels corresponderen met de nummering van de geohydrologische eenheden: (Bron TNO-NITG 2005).

1. Miocene afzettingen in dagzomend in dalen van middeldiepe beekdalen
2. Oligocene en Miocene afzettingen in flanken en dalen van middeldiepe dalen
3. Oligocene en Miocene afzettingen in flanken van diepe dalen
4. Kalksteen in flanken en onder dalbodem van diepe dalen
5. Vaalser groenzanden dagzomend in dalen
6. Akener en Vaalser groenzanden in flanken van diepe dalen

Alvorens de geohydrologische eenheden toe te lichten bespreken we hier de onderliggende criteria voor de indeling. Voor de hoofdindeling is bepalend welke groepen van geologische formaties in de dalen of dalflanken dagzomen. Met deze groepen van geologische formaties hangen geohydrologische eigenschappen samen. Onderscheid wordt gemaakt in:

- Zachte sedimenten van Miocene en Oligocene oorsprong. Dit betreft matig tot slecht doorlatende pakketten, vaak in afwisseling met matig doorlatende zandige sedimenten en slecht doorlatende kleilagen. In het intrekgebied bovenop deze afzettingen bevinden zich zachte afzettingen van zand en grind (Maasterras) dan wel löss. De stroomsnelheid van het grondwater is over het algemeen laag. Deze afzettingen zijn te vinden in het lössgebied.
- Harde sedimenten van kalksteen met variabele porositeit en in diepere lagen een lage verticale doorlatendheid. Watertransport vindt vaak plaats via barsten in het gesteente en karstspelen. Hierdoor verloopt de grondwaterstroming voor een deel snel en via preferente stroombanen. Ook hier zijn in het intrekgebied bovenop deze afzettingen zachte afzettingen aanwezig van zand, grind en löss. Dit gebied noemen we het kalkgebied.

- Zachte sedimenten met harde horizontale zandsteenbanken van Akener zanden en Vaalser groenzanden in afwisseling met matig doorlatende siltige zanden met zeer goed doorlatende verbrokkelde zandsteenbanken, waardoor de stroomsnelheid van het grondwater sterk verschilt (van laag tot zeer hoog). In het intrekgebied bovenop deze afzettingen is een dun tot dik kalksteenpakket aanwezig, afgewisseld met vuursteeneluvium en zachte afzettingen van wederom zand, grind en löss. Het gebied waarin deze afzettingen voorkomen, is samengevat als het vuursteeneluviumgebied.

Binnen de hoofdgroep van Miocene en Oligocene afzettingen kan nog onderscheid worden gemaakt in: (1) gebieden waar alleen Miocene afzettingen worden aangesneden in middeldiepe beekdalen; hier is veelal sprake van voeding uit een matig tot dik zandpakket; bron- en kwelplekken bevinden zich hier gewoonlijk alleen in de dalen, (2) gebieden waar Oligocene en Miocene afzettingen in flanken en dalen van middeldiepe dalen worden aangesneden; de dikte van watervoerende lagen is hier sterk variabel; bron- en kwelplekken liggen doorgaans aan de voet en in het lage deel van de dalflanken of in de dalen zelf, en (3) gebieden waar Oligocene en Miocene afzettingen tot hoog op de flanken van diepe dalen worden aangesneden; de meeste bron- en kwelplekken liggen hier op lage tot hoge delen van de dalflanken.

Binnen de hoofdgroep van Akener zanden en Vaalser groenzanden kan onderscheid worden gemaakt in: (1) Vaalser groenzanden die alleen dagzomen in dalen en niet op de dalhellingen; bovenop het Vaalser groenzand bevindt zich hier een dik kalksteenpakket met een grote onverzadigde zone, die voor een sterke buffering zorgt van de toestroming naar de beekdalen; bronnen- en kwelplekken zijn te vinden in het dal en aan de voet van de dalhelling, en (2) Akener zanden en Vaalser groenzanden in flanken van diepe dalen. De desbetreffende afzettingen dagzomen over een groot deel van de dalflank; bovenop de Vaalser groenzanden bevindt zich een dun kalksteenpakket, een dun tot matig dik vuursteeneluviumpakket of zijn zachte afzettingen van zand, grind en löss aanwezig.

Binnen de hoofdgroep van kalksteenafzettingen is geen nader onderscheid in subgroepen gemaakt.

Een aantal geohydrologische fenomenen dient apart genoemd te worden en treedt op in de verschillende geohydrologische eenheden met een toplaag van zacht sediment:

- Hoog in de dalflanken en dalen worden Maasterrasafzettingen aangesneden. Door de combinatie van hun goede doorlatendheid (grof zand, grind) en een hoge ligging zijn deze vaak niet watervoerend. Lokaal kunnen echter slecht doorlatende leem- en kleilaagjes voor stagnatie van grondwater zorgen, dat lateraal afstroomt naar bronnen en kwelplekken. Zulke slecht doorlatende laagjes kunnen een verklaring vormen voor het feit dat in bepaalde gevallen bronnen hoger liggen dan de bovenkant van de Tertiaire afzettingen. Dergelijke situaties zijn doorgaans slecht gedocumenteerd. Door de afwezigheid van kalk in de Maasterrasafzettingen kunnen de bronnen en kwelplekken een relatief lage basenrijkdom hebben. Een inmiddels historisch voorbeeld is De Dellen in het Beneden-Geuldal, waarin boven in een erosiedal van de zuidelijke Geuldalflank in de jaren vijftig van de vorige eeuw kwelplekken voorkwamen met begroeiingen die verwant waren aan *Caricion nigrae*, *Junco-Molinion* en *Ericion tetralicis* (Hillegers in Overmars et al. 1996). Later zijn deze kwelplekken verdroogd als gevolg van delfstofwinning in een nabijgelegen kalksteengroeve.
- Hangwatersystemen in dikkere lösspakketten kunnen zorgen voor lokale voeding van bronnen en kwelplekken. Door de gelaagde afzetting van löss is de verticale weerstand vrij hoog. Lateraal kan in beter doorlatende laagjes verticale stroming optreden. Deze stroming kan ook preferent zijn als gevolg van uitslijting van ondergrondse kanalen (zie hierna bij tunnelerosie). Aanvoer van grondwater uit het lösspakket kan lokaal van belang zijn in het noordelijke deel van het Heuvelland waar de dikste lössafzettingen voorkomen. Het treedt onder andere op bij een bronbos bij Brunssum (Aggenbach & Jansen 1989).

- Strooming van water door zogenaamde *subsurface flow*. In de toplaag die vaak bestaat uit afgespoeld en gemengd hellingmateriaal (*regolit*) kan bij neerslagpieken laterale strooming van grondwater optreden naar bronnen en kwelplekken. Deze dynamiek wordt gezien als een verklaring voor de sterke fluctuatie in waterkwaliteit van bronnen (Nota et al. 1988). De aanwezigheid van tunnels in de *regolit* (zie onder) kan verder aan zulke dynamiek bijdragen.
- Tunnelerosie in de *subsurface* laag van zachte sedimenten zorgt voor preferente toestrooming van grondwater. Het kan zorgen voor zowel de aanwezigheid van permanente bronnen als het optreden van periodieke toestrooming door pieken in neerslag. Tunnelerosie is bekend van gebieden met Vaalser groenzand (Cottesserbeek), in het dal van de Noorbeek en in gebieden met dikke lössafzettingen (Bovenste Hof bij Brunssum), zoals waargenomen door C. Aggenbach en J. Super. Tunnels in de *subsurface* laag zullen sterk bijdragen aan afvoeren van neerslagpieken, waardoor de waterkwaliteit van het uittredende grondwater een grote dynamiek zal vertonen. De schaal waarop tunnelerosie optreedt en de invloed ervan op de dynamiek in afvoer en waterkwaliteit van bronssystemen zijn onbekend.

3.2.2 Beschrijving van de geohydrologische deelgebieden in het Heuvelland

1. Miocene afzettingen dagzomend in dalen van middeldiepe beekdalen

Deze systemen komen voor in het noordelijke deel van het Heuvelland tussen de Benzenradebreuk en de Feldbiss, met natte beekdalen waaronder de oorsprong van Rode Beek en de oorsprong van de Merkelbeek. Ook valt een deel van de noordhelling van het Geleenbeekdal (met o.a. de Kathager Beemden) binnen deze eenheid. Het infiltratiegebied bestaat uit de lössplateaus tussen het Geleenbeekdal en het dal van de Rode beek. De beekdalen zijn ingesneden in Miocene afzettingen, die op de plateaus zijn afgedekt door lagen met Maas- en lössafzettingen. De Miocene afzettingen zijn enkele tientallen tot meer dan honderd meters dik en bestaan uit sterk uitgeloopte, matig doorlatende, ijzerarme zilverzanden van voornamelijk kwarts, afgewisseld met slecht doorlatend weinig en lemig materiaal. Deels kan uit de Miocene afzetting oud, niet vervuild grondwater toestromen. Daarnaast treedt ook toestrooming van jonger, min of meer vervuild grondwater op. Plaatselijk treedt verstoring van de grondwaterstroming op door breukvlakken in het Miocene pakket. De oorsprong van het Merkelbeekdal en de oorsprong van de Rode Beek danken hieraan ook hun positie: net ten zuiden van de Feldbiss waar het grondwater wordt opgestuwd tegen het versmeerde breukvlak (Aggenbach & Jansen 1989). Tevens komen slecht doorlatende tussenlagen (met onder meer bruinkool) in het zilverzand voor. Als gevolg van de vroegere sterke uitloging van het zilverzand kan toestromend grondwater uit het Miocene pakket een lage hardheid hebben (dus zacht zijn). Mogelijk hangt de geringe hardheid van het grondwater in het Miocene pakket ook samen met oplossing van kalk in de verzadigde zone. Daarnaast kan lokale voeding van grondwater naar beekdalen plaatsvinden via het goed doorlatende topsysteem in de Maasafzettingen en door gelaagdheid in de lössafzettingen. Het lokaal toestromende water dat verrijkt kan zijn door kalkrijke löss, kan daardoor veel baserijker zijn dan het diepe grondwater. Jonger grondwater heeft ook door de hogere input van sterke zuren (depositie en vermesting) een hoge hardheid en is vervuild met nitraat en sulfaat.

2. Oligocene en Miocene afzettingen in flanken en dalen van middeldiepe dalen

Deze geohydrologische eenheid komt globaal voor ten zuidwesten van de Benzenradebreuk en Heerlerheidebreuk en ten noorden van de Eyserbeek. Deze eenheid vormt op het Centraal Plateau een geohydrologisch geheel met Oligocene en Miocene afzettingen in de flanken van diepe dalen. Het betreft een brede zone met ondiep gelegen, dikke afzettingen uit het Oligoceen, plaatselijk ook afgedekt met een dunne laag Miocene afzettingen. Daarboven zitten goed doorlatende Maasafzettingen en een toplaag van löss. De Oligocene afzettingen bestaan uit kleiige en fijnzandige afzettingen, die veelal slecht doorlatend zijn. Het intrekgebied bestaat uit een groot deel van het Centraal Plateau en het plateau tussen de oorsprongen van

Geleenbeek, Caumerbeek en Worm. Een groot deel van het neerslagoverschot van het Centraal Plateau stroomt lateraal af via het de Miocene en Oligocene afzettingen en treedt uit in de steile hellingen van het Geuldal, Maasdal en kleine beekdalen. De laatste betreft zijtakken van de Geleenbeek, waaronder de Hoensbeek, Retersbeek, Luiperbeek, Bissebeek en Hulsbergerbeek, aan de noordoostzijde van het plateau. De bovenloop van de Geleenbeek wordt ook in belangrijke mate gevoed uit het Oligocene pakket. In het westelijke deel van het Centraal Plateau bestaat het onderste deel van de Oligocene afzettingen uit kleiige afzettingen, waardoor de verticale weerstand hier hoog is. De grote verticale weerstand zorgt ervoor dat de freatische grondwaterstand in het Centraal Plateau tientallen meters boven de drainagebasis van de omringende dalen zit. Aan de noordoostzijde van het Centraal Plateau stroomt veel grondwater af door Maasafzettingen om vervolgens te dagzomen in dalen en kommen. Het vrij grote veengebied bij Voerendaal (Cortenbach) heeft hieraan zijn bestaan te danken. Dit gebied kan tevens gevoed worden met grondwater dat in het Plateau van Ubachsberg over de Groenzanden naar het noorden stroomt. Een belangrijke eigenschap van de Oligocene afzettingen is hun afwisseling van zand- en kleilagen. Een dergelijk gelaagd (*multilayer*) freatisch systeem leidt tot verschillende bronniveaus op de helling en in kwelzones aan hellingvoeten, zoals goed is waar te nemen bij Terworm. In aansnijdingen van Miocene lagen kunnen ook bronniveaus voorkomen als gevolg van slecht doorlatende lagen. Een complicerende factor vormen geologische breuken in de Oligocene afzettingen, die kunnen fungeren als barrières voor de grondwaterstroming door versmering van het breukvlak. Hierdoor wordt het grondwater plaatselijk opgestuwd en treedt plaatselijk sterke kwel op. De verblijftijden van het uitredende grondwater zijn relatief kort en zullen variëren van enkele jaren tot enkele tientallen jaren. Hierdoor hebben bemesting en atmosferische depositie grote invloed op de grondwaterkwaliteit. Over het algemeen is het uitredende grondwater hard en is de hardheid toegenomen door input van sterke zuren. Door vermesting zijn nitraat- en sulfaatconcentraties vaak hoog. Plaatselijk kunnen hoger gelegen bronnen en kwelzones relatief basenarm grondwater ontvangen, wanneer deze alleen in contact zijn geweest met kalkarme Maasafzettingen of uitgeloopte Miocene afzettingen.

3. Oligocene en Miocene afzettingen in flanken van diepe dalen

Het gebied met een dik, ondiep gelegen en slecht doorlatend pakket met Oligocene zanden en kleien loopt naar het zuiden door tot aan de oosthelling van de Maas en de noordhelling van de Beneden-Geul. In deze hellingen dagzomen de Oligocene en deels ook Miocene afzettingen hoog op de dalhelling boven een goed doorlatend kalksteenpakket. In de bronzones moeten gebieden als het Bunder- en Elsloërbos, Kloosterbos en Ravensbos worden gesitueerd. Het intrekgebied bestaat uit het Centraal Plateau. Het grondwater stroomt grotendeels lateraal af door de Maasafzettingen en Tertiaire afzettingen en treedt op uiteenlopende hoogte op de helling uit (Hendriks 1985). Het grondwater stroomt daarbij vooral door zandige lagen en zijt slechts langzaam in door kleiige lagen. Onduidelijk is of in de Tertiaire afzettingen preferente stroombanen in de vorm van tunnels of verbrokkelde banken aanwezig zijn. Het Tertiaire pakket kan dan ook worden beschouwd als een groot gelaagd freatisch systeem, met diverse bron- en kwelniveaus. Slechts een klein deel van het neerslagoverschot bereikt het kalksteenpakket. In deze geohydrologische eenheid komen ook opvallend hoog gelegen bronnen voor en ligt ook de oorsprong van bronbeekjes vaak hoog. In het westelijke deel zit in de Tertiaire afzettingen de meeste weerstand onderin. Het grondwater in het Tertiaire pakket 'rust' voor een groot deel op het watervoerende pakket in de kalksteen. De stijghoogte en freatische stand in de Tertiaire en Maasafzettingen zijn veel hoger dan de stijghoogte in het kalksteenpakket. In het kalksteenpakket zijn door grondwateronttrekkingen en grindwinningen in het Maasdal verlagingen opgetreden. Waar de onderkant van het Oligoceen hoog ligt, zoals het geval is in het westelijke deel van het Geuldal, komt plaatselijk in de kalksteen een onverzadigde zone voor onder het Oligocene pakket. De verblijftijden van het uitredende grondwater zijn relatief kort en zullen variëren van enkele jaren tot enkele tientallen jaren. Hierdoor hebben bemesting en atmosferische depositie grote invloed op de grondwaterkwaliteit. Het bronwater is hard en tot matig hard. Matig hard grondwater treedt uit in de Miocene afzettingen in

het Elsloërbos. Veel bronnen hebben hoge tot zeer hoge nitraat- en sulfaatgehalten en deels ook sterk verhoogde natrium- en chloridegehalten. In het Oligocene pakket wordt vermoedelijk nitraat gedenitrificeerd. De vervuilingsgraad van het grondwater neemt nog steeds gestaagd toe. In het Bunder- en Elsloërbos treedt in de bronbeekjes en sommige bronnen kalkafzetting op, omdat het grondwater bij uitreden oververzadigd is met kalk. Door temperatuurstijging, CO₂-ontgassing en drukontlasting slaat calciëet neer, vooral iets stroomafwaarts van de bronnen. De omvang van het intrekgebied van de bronnen op de plateaurand van het Centraal Plateau kan sterk uiteenlopen en dit werkt door in de afvoer van bronnen. Als gevolg van het meerlagige karakter is het intrekgebied van bronnen en kwelplekken lager op de helling lastig te bepalen. Hoge bronnen en kwelplekken met een klein intrekgebied kunnen in droge jaren droogvallen of een sterk verminderde afvoer hebben. Bronbeken ontvangen naast grondwater ook regenwater via *run-off*. Door het steile reliëf en ook door de aanwezigheid van riooloverstorten van dorpen op de plateaus kunnen grote piekafvoeren optreden. Op steile hellingen zijn bronbeken mede door deze piekafvoeren (plaatselijk) eroderend. Lager op de helling kan het erosiemateriaal worden afgezet. Door graafwerk zijn bronbeken plaatselijk doorgetrokken naar de hellingvoet en aangesloten op andere beken en sloten in het Maas- en Geuldal. Van nature zullen bronbeekjes vaker weer lager op de helling of in puinwaaiers infiltreren en daar dan ook sedimenteerend zijn (mededeling H. de Mars). In het Bunder- en Elsloërbos wordt het sediment tegenwoordig kunstmatig afgevangen in betonnen zandvangen.

De hoogteligging van Oligocene en Miocene afzettingen en daarmee ook van de bronniveaus kan plaatselijk sterk verschillen door de aanwezigheid van breuken (o.a. in het Bunder- en Elsloërbos). Op enkele locaties (o.a. Ravensbos) wordt vermoed dat de hoogst gelegen bronnen hoger liggen dan het Tertiaire pakket. Dit kan duiden op weerstandbiedende lagen in de Maasafzettingen of gelaagdheid en preferente stroombanen in het lösspakket.

Aan de onderzijde van het Tertiair liggen de dalen in andere geohydrologische systemen. In het westelijke Geuldal betreft dat kalksteen (zie onder deelgebied 4) en aan de voet van de oostelijke Maashelling betreft het een goed doorlatend pakket van kalksteen en ten dele ook zand en grind. Dit laatste pakket wordt sterk beïnvloed door het Maaspeil. Bij hoge Maasstanden treedt toestroming op van grondwater uit dit pakket onder het Julianakanaal door in de zone aan de hellingvoet. Voor de sterke ontginning van het Heuvelland stagneerde het op de helling uitgetreden grondwater aan de voet van het Bunder- en Elsloërbos, waardoor een moeras aanwezig was (Gorissen et al. 1983). Soortgelijke situaties kunnen ook aanwezig zijn geweest in het Beneden-Geuldal.

4. Kalksteen in flanken en onder dalbodem van diepe dalen

Aan de rand van een deel van het Plateau van Margraten en een deel van het Plateau van Ubachsberg zijn in een dik kalksteenpakket diepe dalen uitgesneden, waarbij de bodem van het beekdal nog in het kalksteen ligt, ingebed door een opvulling van Pleistoceen grind en zand, en afgedekt met Holocene afzettingen van veen, colluvium en fluviaal, zandig, lemig en kleiig materiaal. Dit betreft het westelijke deel van het Geuldal en voor een deel de dalen van de Mechelder-, Selzer- en Eyserbeek. Genoemde plateaus en in mindere mate ook het Centraal Plateau fungeren als infiltratiegebied. Een soortgelijke situatie wordt in het Jekerdal ook aangetroffen met het Plateau van Neerkanne als infiltratiegebied.

De kalksteenformaties zijn als één watervoerend pakket te beschouwen met een bijzonder heterogeen karakter, met onder meer afwisselend zacht doorlatend kalksteen en harde dichte banken, en variatie in slijtvlakken. In het meest westelijke deel van het Beneden-Geuldal wordt in het dal Maastrichts krijt aangesneden, meer stroomopwaarts Kunrader kalk en in het Geuldal stroomopwaarts van Schin op Geul en in het dal van de Selzerbeek en Mechelderbeek Gulpens krijt. In de benedenloop van de Eyserbeek wordt zowel Gulpens krijt als Kunrader kalk aangesneden. Kunrader kalksteen is harde, sterk gekloofde kalksteen, afgewisseld met zachtere lagen. Waterstroming is hier voornamelijk beperkt tot spleten in harde banken. Maastrichts krijt is zacht, poreus gesteente, afgewisseld met harde, weinig gekloofde banken.

Waterstroming treedt hier vooral op door zachte banken. Doordat het kalksteen in het bovenste deel meer verweerd is, is dit deel wel beter doorlatend dan het diepere kalksteen. Hierdoor stroomt het meeste grondwater in de top van de verzadigde zone van het kalksteen. Het Gulpens krijt neemt een soort tussenpositie in.

Bergingscoëfficiënt in de harde kalksteensoorten is veelal laag, waardoor in het infiltratiegebied grote fluctuaties van de freatische stand optreden. Door de grote onverzadigde zone van het kalksteenpakket van de kalkplateaus (Margraten, Ubachsberg, Neerkanne) is de bergingcapaciteit van de belangrijke infiltratiegebieden wel groot. De stroombanen en de stroomsnelheid van het grondwater worden sterk vergroot door preferente stroombanen via spleetvlakken en karstspalten (zgn. karstgrondwatersystemen). Ter plekke van geologisch breuken in kalksteen kan de verticale doorlatendheid groot zijn.

De stijghoogte in het kalksteenpakket is bepalend voor het al dan niet uittreden van grondwater naar het beekdal. Ligt de stijghoogte boven de dalbodem, dan worden aan de hellingvoet en in het dal kwelzones en bronnen aangetroffen. Dit is het geval in grote delen van het Geuldal en in de Mechelderbeek, Selzerbeek en een deel van de Eyserbeek. In situaties met een stijghoogte in het kalksteenpakket onder de dalbodem is de beek infiltrerend en komen er geen kwelgebieden voor. Dit laatste is momenteel het geval in de benedenloop van de Geul, waar het Maasdal het kalksteenpakket dreineert. Hier is ook door grondwateronttrekking de stijghoogte verlaagd. In het Jekerdal is de toestroming van grondwater ook nagenoeg verdwenen als gevolg van aanleg van het Albertkanaal, grondwateronttrekking door de kalksteengroeve en sterke verlaging van het Jekerpeil. Hier zit en zat de toestroming van grondwater aan de voet van de westelijke helling. In het verleden heeft dat gezorgd voor de aanwezigheid van een zone met kalkmoeras waarin travetijn is gevormd (boringen C. Aggenbach).

In het kalksteengebied komen twee typen kwelvoeding voor. Door karstgrondwatersystemen met preferente stroming in karstspalten/kanalen en scheuren komen grote bronnen voor aan de randen van dalvlakten. Voorbeelden hiervan waren de bronnen bij de Piepert. Zulke grote bronnen zijn vaak gebruikt als winning voor drinkwater. Daarnaast treedt door de afdekking van dalbodems met veen, leem en klei diffuse kwel in het dal op aan de randen van dalvlakten. Instroom van grondwater naar de Holocene afzettingen treedt op door de aanwezigheid van een goed doorlatend grind- en zandpakket tussen de kalksteen en de Holocene afzettingen. In de Geul hebben deze kwelzones een asymmetrische ligging in het dal en aan een van de hellingvoeten. Het betreft hier kwelveenachtige situaties, waarbij door hellingerosie en overstroming veel input van mineraalmateriaal heeft plaatsgevonden. Kwelvenen met veel travetijnvorming (vroeger) bevonden zich juist op zulke locaties. Voorbeelden hiervan waren te vinden in het Jekerdal (westelijke hellingvoet, begraven onder mineraal sediment) en tegenwoordig nog in de vorm van een zwaar gedraineerd kwelveen in de monding van de Eijserbeek (bij Cartils). Het grondwater van bronnen is meestal zeer hard, wat duidt op verrijking van basen door de werking van sterke zuren als gevolg van vervuiling (bemesting, depositie). De chemische samenstelling duidt op oplossing van kalk in de onverzadigde zone van de intrekgebieden. Het nitraatgehalte en het sulfaatgehalte zijn vaak hoog. Ouderdom van het ex-filtrerende grondwater kan sterk variëren. In bronnen treedt vaak een mengsel van oud (meerdere eeuwen tot wellicht duizenden jaren) en jong grondwater op. In de ondiepere delen en via spleten treedt snelle stroming van jong grondwater op, terwijl dieper in het kalksteenpakket, waar de doorlatendheid gering is, (zeer) oud grondwater aanwezig is, dat zeer langzaam stroomt. Ook is uit onderzoek in andere karstgebieden bekend dat de aanwezigheid van fijne poriën in het gesteente sterk bijdraagt aan de variatie met in menging van oud en jong grondwater en daarmee ook aan de kwaliteit. In droge jaren met lage freatische standen in de kalksteen is het aandeel van toestromend oud en dus niet vervuild grondwater groter, terwijl in natte jaren het aandeel aan jong, vervuild grondwater groter is. Bij grote neerslagpieken kan door spleten snellere stroming optreden dan in drogere perioden. De ouderdom van het grondwater werkt dus door in de dynamiek van de waterkwaliteit. Bij de grondwaterwinning Roodborn is bijvoorbeeld het nitraatgehalte hoger in natte jaren dan in droge jaren (mededeling M. Juhasz). Of en

in hoeverre diffuse kwelplekken een dynamiek in de ouderdomsverhouding van het grondwater en daarmee in de chemische kwaliteit vertonen, is onduidelijk.

5. Vaalser groenzanden dagzomend in dalen

Bij deze geohydrologische eenheid ligt de dalbodem in de matig doorlatende Vaalser groenzanden en snijden de dalhellingen het kalksteenpakket aan. Hierdoor draineren deze dalen de aangrenzende kalksteenplateaus in sterke mate. De eenheid omvat een groot deel van het dal van de Gulp (intrekgebied Plateau van Margraten en van het plateau tussen Gulp en Geul), de bovenloop van de Eyserbeek (intrekgebied Plateau van Bocholtz en Plateau van Ubachsberg), de bronnen van de Putberg (intrekgebied Plateau van Ubachsberg). Ook de oorsprong van de Noor, die gevoed wordt vanuit het Plateau van Margraten, behoort tot dit geohydrologische type. Een bijzonderheid bij de Noor is dat door de aanwezigheid van een breuk de groenzanden alleen voorkomen in de oorsprong van deze beek. Bronnen zijn daarom beperkt tot het bovenste deel van de Noor. Meer benedenstrooms van de breuk (in België) is de beek weer infiltrerend. Wat betreft de geohydrologie van het kalksteenpakket gelden vergelijkbare zaken als bij kalksteen in flanken en onder dalbodems van diepe dalen. De geohydrologie van de Vaalser groenzanden is sterk afwijkend. De bovenste laag in de zone met Vaalser groenzanden bestaat gewoonlijk uit verspoelde grond, waarin vaak löss is bijgemengd.

Het grondwater in het kalkpakket stroomt grotendeels lateraal af naar de dalen, over en in het matig doorlatende Vaalser groenzand. Bronnen bevinden zich op het grensvlak van de kalksteen/Vaalser groenzand en op diverse niveaus in het bovenste deel van het Vaalser groenzand. De bronnen in het Vaalser groenzand worden gevoed via preferente stroombanen in horizontale verbrokkelde zandsteenbanken. Deze zandsteenbanken liggen in siltige, fijnzandige afzettingen met een lage doorlatendheid. De zandsteenbanken zijn relatief goed doorlatend (20-50 m/d) en staan vertikaal in verbinding door de aanwezigheid van relatief goed doorlatende wadgeulopvullingen van zand. Deze structuur zorgt ervoor dat grondwater uit het kalksteenpakket de verbrokkelde zandsteenlagen via relatief snelle stroombanen kan bereiken en lateraal naar het dal wegstroomt. De chemische samenstelling van de bronnen in de groenzandafzettingen lijkt daarom sterk op de chemische samenstelling van het kalksteenpakket (Nota et al. 1988). Dit water is meestal hard en soms zeer hard. Verrijking met kalk heeft plaatsgevonden door oplossing van kalk in de onverzadigde zone en met aanvoer van sterke zuren door vervuiling. Door vermisting is het bronwater ook zeer nitraat- en sulfaatrijk. Door de vrij constante aanvoer van grondwater via de bronnen heeft de Gulp ook een hoge basisafvoer en is door relatief lage piekafvoeren niet overstromend.

In de siltige, fijnzandige matrix van de Vaalser groenzanden treedt langzame stroming van het grondwater op. De hardheid van dit grondwater is meer dan de helft lager dan die in het kalksteenpakket en de bronnen (zie voor mogelijke verklaringen de hiernavolgende paragraaf over bodem- en waterchemie). Mogelijk voedt dit langzaam toestromende, basenarmere grondwater juist plekken met diffuse kwel. De kwaliteit van het basenarmere grondwater is ook gevoelig voor droge jaren. In zulke jaren zakt de grondwaterstand en treedt door pyrietoxidatie verzuring op. Groenzanden bevatten namelijk veel pyriet. Ook door oxidatie van glauconiet kan zuurvorming optreden. In de daarop volgende winter spoelt het gevormde sulfaat uit. In het grondwater treedt dan een piek van sulfaat op en een dip in de alkaliniteit. De bronnen in het Vaalser groenzand die gevoed worden met grondwater uit het kalksteenpakket, vertonen niet zulke dynamiek in chemie (Nota et al. 1988). De chemische samenstelling van het grondwater kan ook worden beïnvloed door *interflow* in de toplaag bij piekafvoeren. Tunnels in de bovenlaag dragen hier verder aan bij (Nota et al. 1988).

6. Akener en Vaalser groenzanden in flanken van diepe dalen

In het uiterste zuidoosten van het Heuvelland rond het Vijlener Plateau zitten de Akener en Vaalser groenzanden zo hoog dat deze over een aanzienlijk deel worden aangesneden door hellingen. Dit is vooral het geval in het bovenstroomse deel van Geuldal (traject Epen tot Belgische grens) en in de zijbeken van de Selzerbeek die op

het Vijlener Plateau ontspringen. Voor een kleiner gebied geldt dit ook voor de oorsprong van de Eyserbeek. De Vaalser groenzanden zitten boven de Akener zanden. In de dalbodem van het Geuldal wordt slecht doorlatende Carbonische zandsteen aangesneden. Op de plateaus langs het Geuldal (het plateau tussen Geul en Gulp, Vijlener Plateau) zit boven de groenzanden een relatief dunne laag van Gulpener kalksteen en een eveneens meters dik pakket van vuursteeneluvium. Plaatselijk is het eluvium afgedekt met löss. De groenzanden op het plateau bij de oorsprong van de Eyserbeek zijn afgedekt met Maasterrasafzettingen van zand en grind en met löss. De bovenste laag in de zone met Akener zanden en Vaalser groenzanden bestaat vaak uit verspoelde grond, waarin ook löss kan zijn bijgemengd.

De geohydrologie van de Vaalser groenzanden is vergelijkbaar met die van Vaalser groenzanden dagzomend in diepe dalen. Ook hier worden op uiteenlopende niveaus bronnen en kwelplekken aangetroffen. Een verschil met het vorige geohydrologische type is dat in de afzettingen boven de groenzanden een minder dikke waterverzadigde laag aanwezig was. De waterstands- en afvoerdynamiek van de hogere bronniveaus zullen daardoor vermoedelijk minder gebufferd zijn voor meteorologische dynamiek. De lager gelegen Akener zanden bestaan in de lagere delen uit pyriethoudende kleien en siltige kleien en in de hogere delen uit fijne kwartzanden. De doorlatendheid is laag. Ook in de Akener zanden komen niveaus van bronnen en kwelplekken voor. Onduidelijk is of op het grensvlak van Vaalser groenzanden en de daarboven gelegen afzettingen bronnen aanwezig zijn. Op de hoge hellingen van het Geuldal kunnen hier in ieder geval wel direct uit de kalksteen gevoede bronnen voorkomen. Laag op de hellingen en in de dalvlakte van het Geuldal zorgen de slecht doorlatende Carbonische zandstenen voor opstuwung van grondwater en daarmee voor de aanwezigheid van kwelplekken.

De verblijftijden van het water dat van het Vijlener plateau uittreedt zijn korter dan 50 jaar (De Mars et al. 1998). Volgens De Mars is het bronwater relatief basenarm met een EGV lager dan 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Enkele metingen in enkele bronnen (zie verderop) geven matig hard grondwater in hoge bronnen op de westelijke helling van het Geuldal en zeer hard grondwater voor bronnen van een zijtak van de Selzerbeek en de oorsprong van de Eyserbeek. De hardheid van het bronwater in de hoge bronniveaus is dus hoog en vergelijkbaar met bronnen elders in het Heuvelland. Vermoedelijk hebben de lager gelegen bronnen relatief basenarm grondwater, dat kan worden toegeschreven aan kationuitwisseling of aan een hogere ouderdom van het grondwater. De bronnen van met voeding van het Vijlenerplateau hebben een voor het Heuvelland relatief lage nitraatbelasting als gevolg van de grote oppervlakte bos op dit plateau (De Mars 1998). Daarnaast draagt denitrificatie in de Vaalser groenzanden bij aan relatief laag nitraatgehalte. Hogere nitraatgehalten hebben de bronnen op de westhelling van het Geuldal, die gevoed worden uit het plateau tussen Gulp en Geul, sommige bronnen in de zijbeekjes van de Selzerbeek en bronnen in de oorsprong van de Eyserbeek. Sulfaatgehalten zijn overal hoog, vooral op de westelijke Geuldalhelling en de oorsprong van de Eyserbeek.

3.3 Hydrochemische patronen en processen

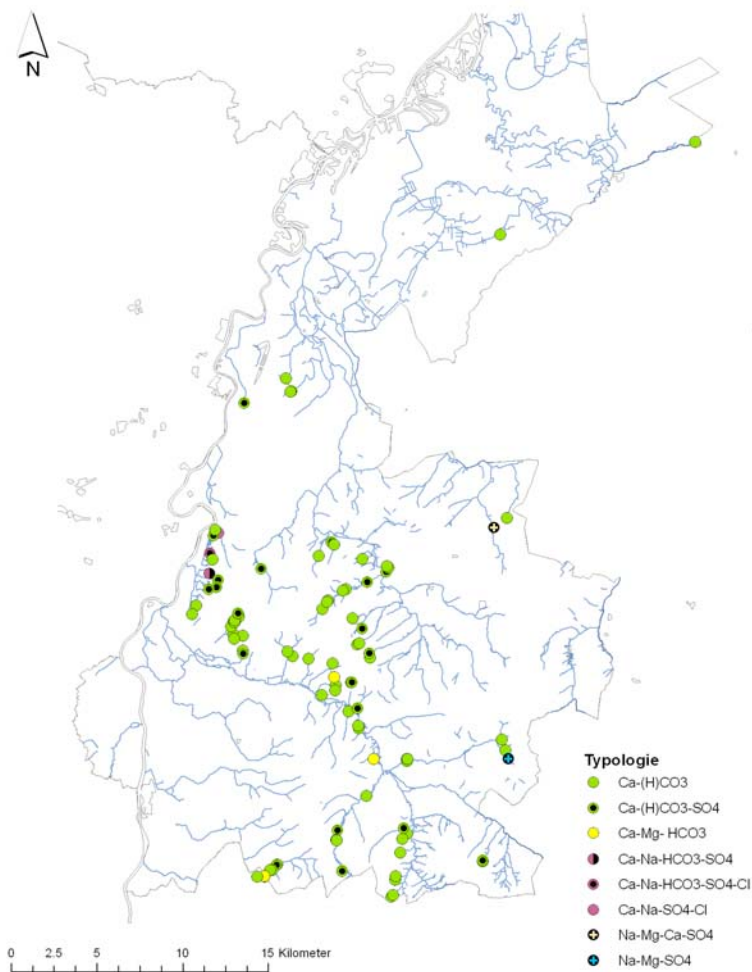
Over de chemie van bodem en water in het Heuvelland zijn diverse studies verschenen. Ook al is het verleidelijk om daar nader op in te gaan, we willen ons hier – gezien de geboden ruimte en de aard van het preadvies – toch beperken tot enkele aspecten van meer algemene aard die voor een goed begrip van de functioneren van de beekdalen in Zuid-Limburg noodzakelijk zijn. Verder verwijzen we naar de beschouwingen in het preadvies over de beekdalen van Laag-Nederland, waar op een aantal zaken dieper wordt ingegaan (Aggenbach et al. 2008).

Voor het voorliggende preadvies is een analyse gemaakt van twee datasets van wateranalyses van Zuid-Limburgse bronnen. Het gaat hierbij om een set gegevens van Hendrix & Meinardi (2004) en een dataset van het Waterschap Roer en Overmaas. De dataset van Hendrix en Meinardi is grotendeels tot stand gekomen door metingen met behulp van een zogenaamde *Hydrion-10 probe*. De dataset van het Waterschap Roer en Overmaas bestaat uit laboratoriummetingen. Omdat de metingen met de Hydrion-probe

niet voor alle gemeten parameters betrouwbaar zijn, moeten de resultaten hiervan enigszins terughoudend geïnterpreteerd worden. Een andere belangrijke beperking van deze dataset is dat ze geen grondwatermonsters bevat. Hieronder volgt een aantal resultaten van het verrichte onderzoek, waarbij de conclusies met een aantal grafieken worden geïllustreerd.

Hydrochemische typen grondwater

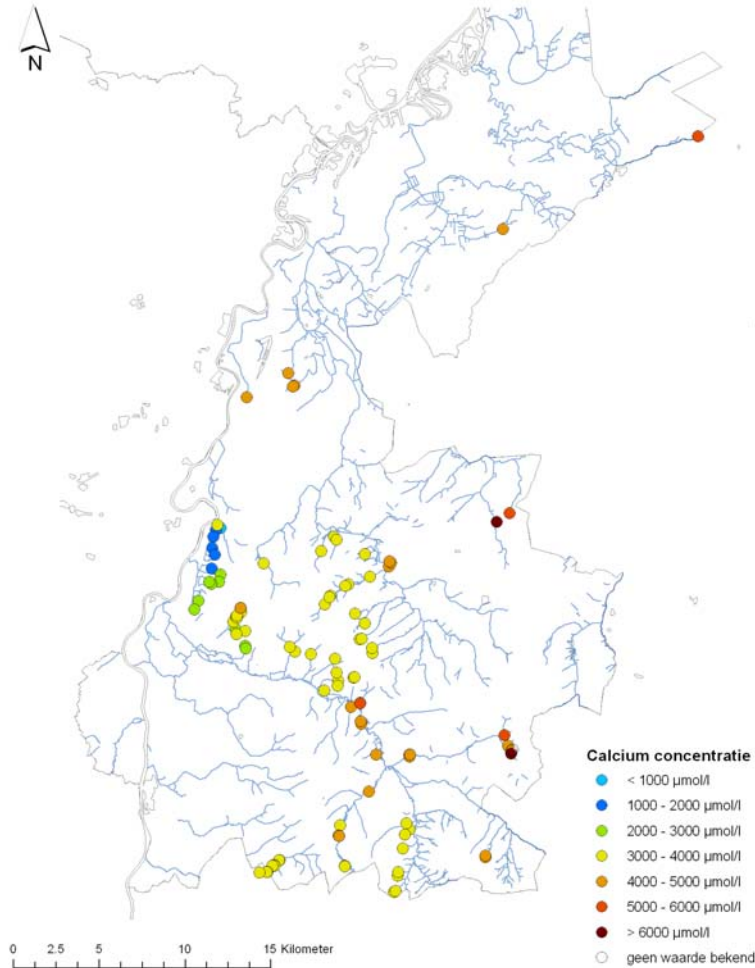
In grote lijnen kan het water worden gekenmerkt als hard tot zeer hard, met hoge concentraties aan calcium en bicarbonaat. In Afbeelding 3.3 wordt de watertypologie beschreven volgens de indeling van Stschukarew. Bronnen met een calcium/carbonaat-watertype komen in alle door ons onderscheiden geohydrologische deelgebieden voor. Bronnen met een calcium/carbonaat/sulfaat-watertype komen het meest voor in de Oligocene en Miocene afzettingen van het Centraal Plateau. Aan de westrand van dit plateau (in het Bunder- en Elsloërbos) zijn bronnen aanwezig waar natrium en chloride een hoog aandeel hebben.



Afbeelding 3.3. Het voorkomen van verschillende watertypen in Zuid-Limburgse bronnen, beschreven volgens de indeling van Stschukarew. De gebruikte data zijn afkomstig van Waterschap Roes en Overmaas en van Hendrix & Meinardi (2004).

De hardheid van het water wordt ook bevestigd door de gemeten calciumwaarden, die variëren van circa 1.600 tot 6.000 $\mu\text{mol/l}$. Hierbij zijn bronnen met invloed van mijnsteenstort buiten beschouwing gelaten. De hardheid ligt daarbij meestal in het harde tot zeer harde bereik en soms in het extreem harde bereik. In Afbeelding 3.4 wordt dit nader geïllustreerd. De calciumconcentraties aan de randen van het Centraal Plateau variëren het meest. Aan de westrand in het Bunder- en Elsloërbos zijn ze relatief laag, terwijl ze elders aanzienlijk hoger zijn. Hoge calciumgehalten komen voor in bronnen met voeding uit kalksteen (in een deel van het Geuldal en in het

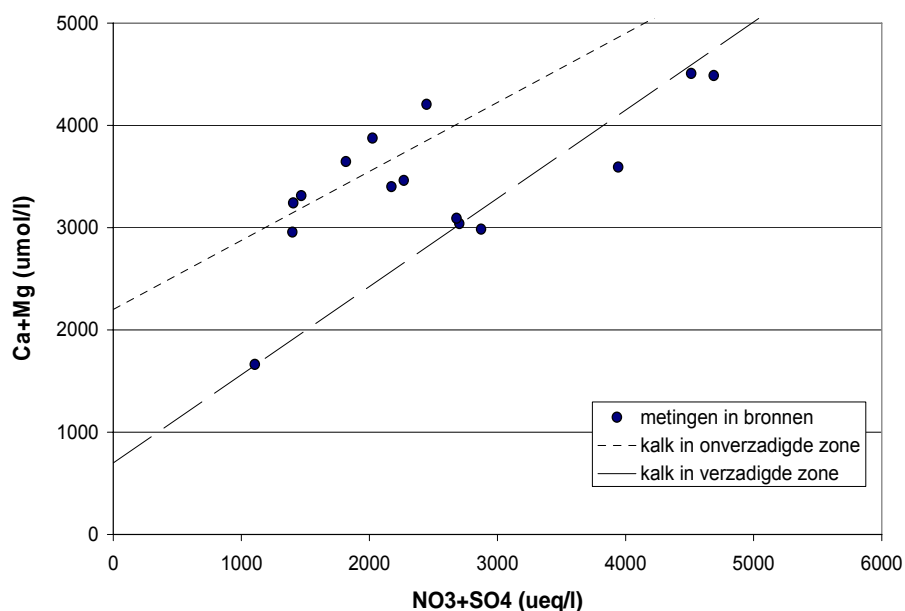
benedenstroomse deel van de Eijserbeek) en plaatselijk in het gebied met voeding uit Akener zanden en Vaalser groenzanden (bovenloop Eijserbeek bij Bocholtz). De zuidelijke dalen met Akener zanden en Vaalser groenzanden hebben doorgaans matig hoge calciumgehalten. Extreem hoge waarden worden veroorzaakt door zuurvorming en uitloging als gevolg van oxidatie van pyriet in mijnsteen.



Afbeelding 3.4. Calciumconcentraties in Zuid-Limburgs bronwater. De data zijn afkomstig van Waterschap Roer en Overmaas en van Hendrix & Meinardi (2004).

De aanrijking van grondwater met calcium wordt bepaald door de agressiviteit van het infiltrerende grondwater. Hoe meer zuur dit water bevat, hoe meer kalk kan worden opgelost of hoe meer basen kunnen vrijkomen van het adsorptiecomplex. Oplossing van kalk (voornamelijk calciumcarbonaat, voor een klein deel magnesiumcarbonaat) zorgt voor een toename van de hardheid van het grondwater. Onder natuurlijke omstandigheden zorgt het zwak zuur vormende CO_2 voor de oplossing van kalk. In systemen waarbij het water eerst door een kalkhoudende onverzadigde zone inzijgt, kan door aanvoer van atmosferische CO_2 via poriën met lucht meer kalk worden opgelost dan in een systeem waarbij het water wegzijgt door een kalkloze onverzadigde zone en pas in de verzadigde zone in contact komt met kalk. Door menselijke invloed vindt in intrekgebieden al sinds de industriële revolutie toevoer van sterke zuren plaats: via atmosferische zuurdepositie en bemesting (salpeter- en zwavelzuur). Zo kan ammonium in de depositie door nitrificerende bacteriën in goed doorluchte bodems worden omgezet in nitraat (nitrificatie). Ook bemesting met dierlijke mest (rijk aan ammoniak) leidt tot zuurvorming. In het proces van een toename van de hardheid van het grondwater door toevoer van zuren spelen ook chemische reacties als gevolg van nitraatreductie een rol (zie verderop). Relatief jong grondwater dat kalk heeft kunnen oplossen (ca. 100 jaar), is daarom basenrijker

dan ouder grondwater. Als gevolg van de in de tijd variabele antropogene invloed is ouderdom van grondwater dus van belang voor de hardheid. De input van zuren kan worden afgemeten aan de hoeveelheid nitraat en sulfaat in het grondwater. Afbeelding 3.5 geeft de relatie tussen de hardheid (calcium plus magnesium) van het grondwater met de concentraties van nitraat plus sulfaat in bronnen. In dit figuur worden ook het theoretische verband aangegeven voor de relatie tussen nitraat plus sulfaat en de hardheid voor systemen met kalk in de onverzadigde zone en systemen met kalk alleen in de verzadigde zone (Van Beek 1997). Uit de positie van de bronnen ten opzichte van deze referentielijnen blijkt ten eerste dat de hardheid van het grondwater verhoogd is door toevoer van sterke zuren. Daarnaast blijkt dat verrijking met calcium en magnesium zowel in systemen met kalk in de onverzadigde zone als in systemen met kalk alleen in de verzadigde zone plaatsvindt. Bronnen die gevoed worden uit kalksteenpakketten, liggen dicht bij de lijn met systemen met kalk in onverzadigde zone. Dit ligt voor de hand omdat intrekgebieden in kalksteenplateaus een grote onverzadigde zone in de kalksteen hebben. Bronnen met voeding uit Oligocene en Miocene afzettingen komen bij beide typen systemen voor. Systemen met kalk in de verzadigde zone hangen hier vermoedelijk vooral samen met de aanwezigheid van kalkhoudende löss die op de plateaus vaak niet met water verzadigd is. Door de aanwezigheid van dikke lössafzettingen op het Centraal Plateau is de kans hierop groot. Systemen met alleen kalk in de onverzadigde zone zullen waarschijnlijk samenhangen met voeding uit Miocene (dikkere) pakketten (zoals geldt voor een deel van de bronnen in de Kathager Beemden). Hoewel voor deze analyse het aantal bronnen met voldoende chemische gegevens niet hoog is, wijzen de gegevens er toch wel op dat grondwatersystemen zonder kalk tegenwoordig niet of nauwelijks voorkomen in het Heuvelland. Het kan zijn dat vroeger wel, in Maasafzettingen op de plateaus, lokaal kalkarme grondwatersystemen voorkwamen, zoals valt af te leiden uit historische vegetatiegegevens (archief De Wever). Het gemiddelde verschil van het calciumgehalte tussen metingen in bronnen langs het Centraal Plateau in 1984 en in 2001 is 7 mg/l (Hendrix en Meinardi 2004). Bronnen met stijgende concentraties zijn in de meerderheid, hetgeen duidt op een nog steeds toenemende vermisting van het grondwater.

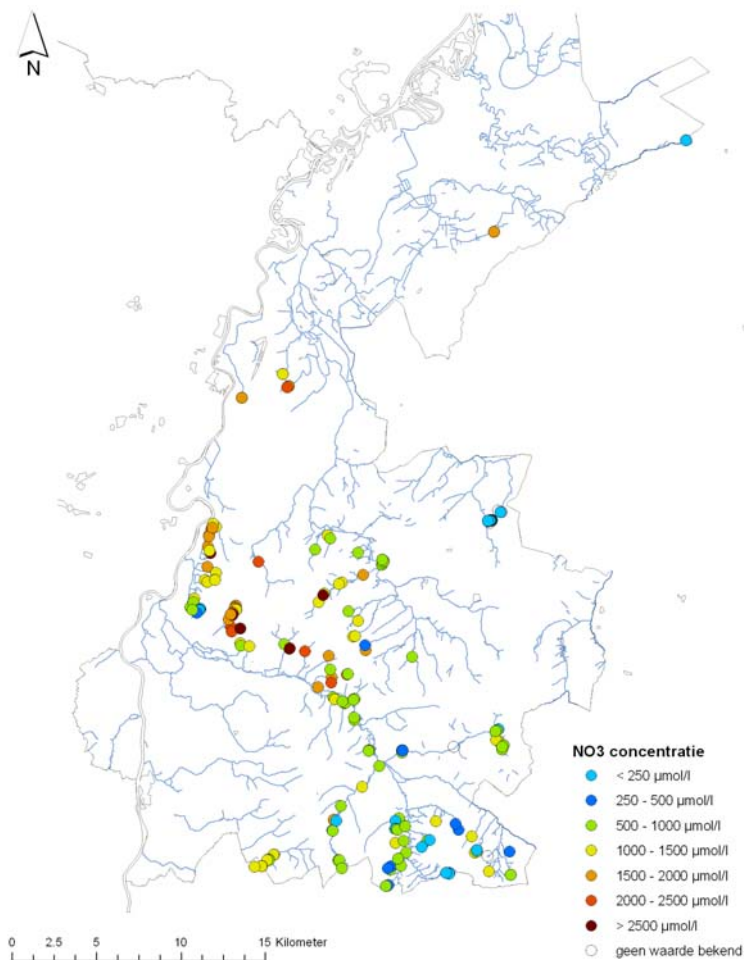


Afbeelding 3.5. Relatie tussen input van sterke zuren (NO_3+SO_4) en hardheid ($Ca+Mg$) in bronnen. De lijnen geven de theoretische relatie afhankelijke van de positie van kalk in grondwatersystemen (naar Van Beek 1997). Data afkomstig van Waterschap Roes en Overmaas.

In gebieden met een kalksteenpakket boven Vaalser groenzanden treedt een opmerkelijk patroon in calciumgehalten van het grondwater op. In het kalksteenpakket boven de groenzanden komt zeer hard grondwater voor, omdat hier een grote onverzadigde zone in de kalksteen aanwezig is en water sterke zuren infiltreert. In de Vaalser groenzanden en Akener zanden zijn de calciumconcentraties ongeveer de helft lager (Nota et al. 1988). Hiervoor zijn twee hypothesen: (1) neerslag van relatief slecht oplosbaar ijzercarbonaat in de ijzerrijke Vaalser groenzanden; hierdoor verdwijnen bicarbonaat en ijzer uit de oplossing; er zal vervolgens desorptie van ijzer van het adsorptiecomplex plaatsvinden en adsorptie van calcium aan glauconiet en ijzer(hydr)oxides, of (2) in siltige zandlagen van de Vaalser groenzanden en Akener zanden is de stroomsnelheid van het grondwater dusdanig laag dat het grondwater een hoge ouderdom heeft en veel ouder is dan het water in het kalksteenpakket dat door preferentie stroombanen een hoge stroomsnelheid heeft; ten tijde van de infiltratie is dit oude grondwater niet belast met sterke zuren (pre-industrieel) en daardoor relatief basenarm.

Nitraat en nitraatuitspoeling

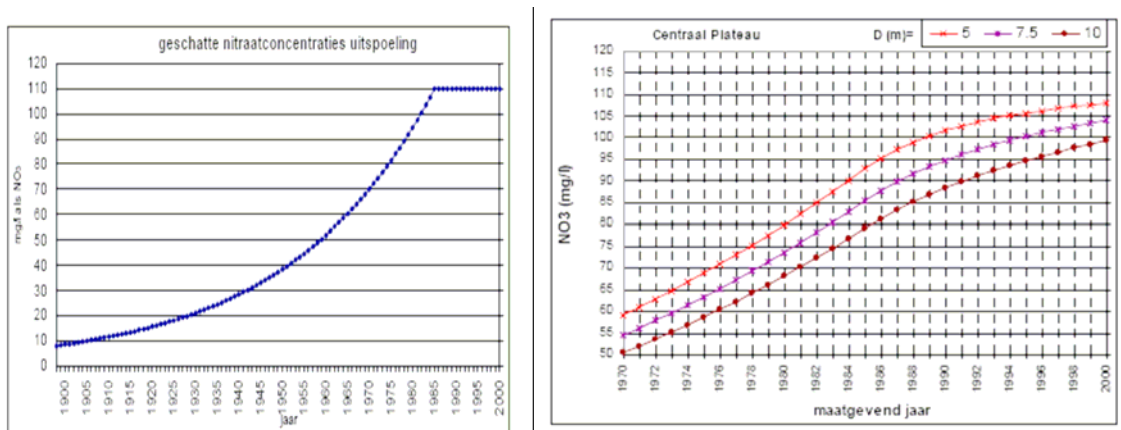
Uit beide datasets komt naar voren dat het huidige Zuid-Limburgse bronwater wordt gekenmerkt door (zeer) hoge nitraatconcentraties (Afbeelding 3.6). In de dataset van Hendrix en Meinardi wordt een gemiddelde nitraatconcentratie gemeten van 1.370 $\mu\text{mol/l}$ en in de dataset van Roer en Overmaas een gemiddelde waarde van 960 $\mu\text{mol/l}$. Hoge waarden komen voor in de bronnen in Oligocene en Miocene afzettingen van het Centraal Plateau. Lage waarden komen vooral voor in het zuidoostelijke deel met Akener zanden en Vaalser groenzanden.



Afbeelding 3.6. Nitraatconcentratie in Zuid-Limburgse bronwater. De data zijn afkomstig van Waterschap Roer en Overmaas en Hendrix & Meinardi (2004).

De plateaus van Zuid-Limburg zijn van oudsher gebruikt voor een gemengde landbouw van veeteelt, akkerbouw en fruitteelt. De atmosferische stikstofdepositie (uitgedrukt als N) bedroeg lange tijd ongeveer 35 kg/ha/jaar. Een min of meer betrouwbare schatting van mestgiften is mogelijk voor de laatste tientallen jaren. De gemiddelde belastingen aan maaiveld zullen daarbij verschillen voor de diverse vormen van landgebruik. Landbouw levert de grootste bijdrage aan belasting met stikstof. Het Lössgebied en het Kalksteengebied verschillen onder andere doordat in het eerste gebied meer infrastructurele elementen aanwezig zijn (vliegveld, industrieterreinen en bebouwing). Als gemiddelde waarden voor de periode 1985-1995 kan voor het lössgebied op het Centraal Plateau een N-belasting van 254 kg/ha/jaar worden aangehouden, bestaand uit 219 kg mest en 35 kg depositie. Voor het Krijtlandschap op de zuidelijke plateaus bedroeg de gemiddelde N-belasting voor dezelfde periode 333 kg/ha/jaar, waarvan 298 kg mestgift en eveneens 35 kg depositie. Een deel van de belasting zal door het gewas worden opgenomen en dus worden afgevoerd, terwijl een ander deel door processen in de toplaag van de bodem verdwijnt (o.a. door denitrificatie). Naar schatting spoelt ongeveer 25 % van de opgebrachte stikstof in de vorm van nitraat uit naar het grondwater. De uitspoeling van nitraat uit de bodems van Zuid-Limburg is daarmee bij benadering vergelijkbaar met die van de zandgronden in de rest van Zuid-Nederland.

De nitraatconcentraties in het bronwater worden door Hendrix & Meinardi (2004) benaderd als een exponentiële toename vanaf een lage nitraatwaarde van 5 mg/l omstreeks 1880 tot de gemiddelde waarden voor de periode 1985-1995. Voor het Centraal Plateau en de zuidelijke plateaus levert dat Afbeelding 3.7 op. Hendrix en Meinardi verklaren de verschillen in nitraatconcentraties tussen de bronnen vooral door de verschillen in verblijftijd van het grondwater. Bij de berekeningen van de verblijftijd zijn tritium en (aanvullend) chloride als merker gebruikt. Bij de berekeningen moeten uiteraard aannames worden gedaan voor het verloop van de historische belastingen met tritium en chloride, maar ook ten aanzien van bijvoorbeeld de porositeit van de bodems. In grote lijnen zijn volgens Hendrix en Meinardi de verblijftijden betrekkelijk kort (tientallen jaren) voor de bronnen die het Centraal Plateau ontwateren en relatief lang (honderden jaren) voor de bronnen van de Zuidelijke plateaus (Hendrix & Meinardi 2004).



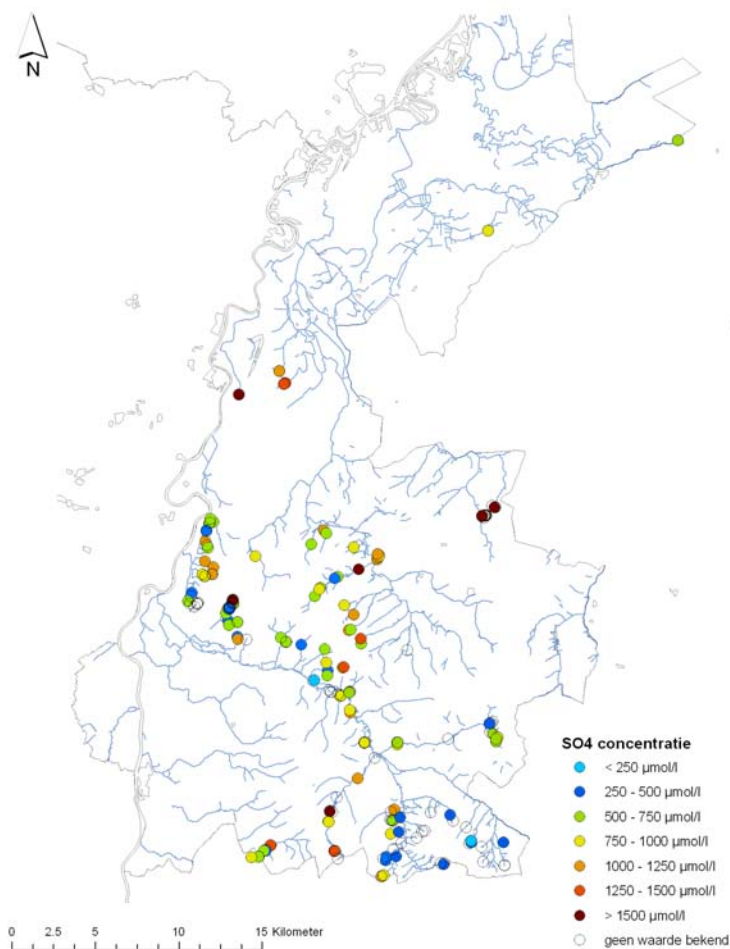
Afbeelding 3.7. Veronderstelde gemiddelde nitraatconcentraties van de uitspoeling (links) en het verwachte verloop van de nitraatconcentraties voor de bronnen van het Centraal Plateau (uit Hendrix & Meinardi 2004).

Uit de sterke overeenkomst tussen metingen en berekende waarden concluderen Hendrix & Meinardi (2004) dat denitrificatie waarschijnlijk geen grote rol speelt in het grondwater van Zuid-Limburg. Door de kortere verblijftijden zijn de invloeden van een subrecente verhoging van de nitraatbelasting (en volgens hen ook de sulfaatbelasting) eerder meetbaar in de bronnen rondom het Centraal Plateau. Er moet echter worden opgemerkt dat de geologie van Zuid-Limburg uiterst complex is en er grote verschillen kunnen optreden tussen relatief nabijgelegen locaties. De

conclusies van Hendrix en Meinardi zijn mogelijk in algemene zin wel geldig maar lokaal kunnen redoxprocessen wel degelijk een belangrijke rol spelen. De redoxreactiviteit (bepalend voor de mate van denitrificatie) van löss is betrekkelijk gering, getuige de doorslag van nitraat bij bronnen aan de voet van de plateaus en bij verschillende drinkwaterwinningen in het zuiden van Limburg. Voor de plateaus dient echter wel onderscheid gemaakt te worden in de aanwezigheid of afwezigheid van Tertiaire kleiafzettingen tussen de lössafzettingen en de kalksteen. In de kleiafzettingen bijvoorbeeld treedt wel degelijk denitrificatie op (Broers e.a. 2004). Ook pyriethoudende mijnsteenresten en (ijzerrijke) glauconiethoudende groenzanden zijn redoxreactieve substraten waarin denitrificatie kan optreden. Omdat weinig chemische analyses zijn uitgevoerd op grondwater, zal het proces van denitrificatie ook onderbelicht zijn.

Sulfaat

In het Zuid-Limburgse bronwater worden hoge sulfaatconcentraties gemeten. In de dataset van Hendrix & Meinardi (2004) wordt een gemiddelde sulfaatconcentratie gemeten van 838 $\mu\text{mol/l}$, in de dataset van Roer en Overmaas een gemiddelde waarde van 734 $\mu\text{mol/l}$. In Afbeelding 3.8 staan de sulfaatconcentraties van de Zuid-Limburgse bronnen weergegeven. Relatief lage waarden komen vooral voor in bronnen in gebieden met Akener zand en Vaalser groenzand, in het Boven-Geuldal en rond het Plateau van Vijlen. Ook heeft een klein deel van de bronnen rond het Centraal Plateau (met Oligocene en Miocene afzettingen) lage waarden. Maar hier komen ook, evenals in het gebied met Akener zand en Vaalser groenzand in het Gulpdal, bronnen met hoge waarden voor.



Afbeelding 3.8. Sulfaatconcentratie in Zuid-Limburgs bronwater. Data afkomstig van Waterschap Roes en Overmaas en Hendrix & Meinardi (2004).

De sulfaatconcentraties in het bronwater staan onder invloed van een historische (vooral na 1950 opgetreden) en actuele belasting door een grotere toepassing van dierlijke mest en een verhoogde atmosferische depositie in het recente verleden. Een verklaring voor het verschil in sulfaatconcentratie kan liggen in het feit dat het voedende grondwater verschillende verblijftijden in de bodem heeft gehad. De hogere concentraties in de bronnen langs het Centraal Plateau kunnen deels verklaard worden door een hogere belasting aan maaiveld in recente tijden gecombineerd met kortere verblijftijden van het water in de bodem ten opzichte van de zuidelijke kalkplateaus. Daarnaast kunnen vooral in gebieden waar in het verleden steenkoolwinning heeft plaatsgevonden, de gehalten sterk verhoogd zijn door de uitspoeling van sulfaat uit mijnsteenbergen of uit als opvulmateriaal gebruikt mijnpuin.

3.4 Fysiotopen

Binnen de Zuid-Limburgse beekdalen worden in totaal 14 fysiotopen onderscheiden, die hiërarchisch zijn onder te brengen in drie hoofdgroepen: (1) de bronnen en bronbeken, (2) de kleine beekdalen, en (2) de grote beekdalen. In de Afbeeldingen 3.9 t/m 3.13 wordt een vijftal dwarsdoorsneden van verschillende beken en situaties gepresenteerd met de ligging van de daar aanwezige fysiotopen.

Bronnen en bronbeken worden door grondwater bepaald en zijn gebonden aan plateaus en terrashellingen. Bronzones in vlakke ligging in de grotere beekdalen worden niet tot deze groep gerekend (zie verderop onder grote beekdalen). Binnen de 'bronnen en bronbeken' worden twee fysiotopen onderscheiden:

Kwelzones en bronnen (fysiotop 1A)

Deze zijn gelegen op hellingen of aan hellingvoeten, waarbij het grondwater de bodem tot aan maaiveld of tot in de wortelzone (< 20 cm) verzadigt. De kwelflux is in het algemeen hoger dan in kwelgebieden in het laagland. Plaatselijk kan het uittredende water smalle ondiepe geultjes vormen. In de directe nabijheid van de bronpunten, in het bijzonder op plekken met een hoge afvoer (vooral in het kalkgebied), stroomt het water over een minerale bodem aan het oppervlak af. Het milieu kenmerkt zich door het achterwege blijven van humusaccumulatie en soms door residuaire accumulatie van grover materiaal, zoals kiezels, stenen en takken. Een deel van de bronplekken heeft echter een laag-dynamisch, moerassig karakter, waarbij zich over een groot oppervlak op de minerale bovengrond een meestal dunne, waterverzadigde humusvorm heeft ontwikkeld, bestaande uit amorfe humus, gemengd met mineraal materiaal met een hoge calciumbezetting. We spreken hier van een meereerdmoder (Van Delft et al. 2007). Op niet beschaduwde plekken kunnen plaatselijk, onder invloed van mosontwikkeling, dunne veenachtige humusvormen ontstaan, zoals in de Kathager Beemden. Kwelzones kunnen, afhankelijk van de geologische opbouw, overal op de helling voorkomen. Veelal is sprake van verschillende bronniveaus.

Er zijn enige verschillen in de bronzones tussen die van het Tertiaire gebied (löss op terrasafzettingen) en het Krijt- of Kalksteengebied (kalk en groenzand). De verblijftijd is in het Tertiaire gebied grotendeels minder dan 20 jaar; in het Kalksteengebied is het grootste deel van het grondwater langer dan 60 jaar onderweg (Hendrix & Meinardi 2004). Het meest opvallende verschil heeft betrekking op het kalk- en HCO_3^- -gehalte van het uittredend grondwater. Dit gehalte is in de Tertiaire bronnen hoger dan in de overige gebieden. Voorts is het nitraat- en magnesiumgehalte in het Tertiaire gebied iets hoger. De vraag hierbij is of deze verschillen groot genoeg zijn om ecologisch relevant te zijn. Het zuurstofgehalte van het uittredende grondwater is laag en de temperatuur het gehele jaar door vrijwel constant. De temperatuur is iets lager (9,5-12 °C) dan in het Tertiaire gebied (10,5 tot 14 °C). De ammonium- en fosfaatgehalten zijn in alle brongebieden relatief laag.

Een ander verschil is gelegen in de geologische afzettingen die in de bronzones aan of nabij het maaiveld voorkomen. In het lössgebied worden de slecht doorlatende lagen

vooral gevormd door Tertiaire kleien. In de overige gebieden voornamelijk door kleiige, glauconiethoudende afzettingen. Voor alle gebieden geldt echter dat op de meeste plekken de bovengrond vooral is beïnvloed door lössrijke hellingafzettingen, waardoor de bodemkundige verschillen minder groot zijn dan men zou verwachten. De humusontwikkeling lijkt in alle gebieden overigens overeenkomstig.

Bronbeken (fysiotoop 1B)

Bronbeken bestaan uit sterk door bronzones gevoede beeklopen, inclusief bijbehorende insnijdings- of dalwanden. De bronbeken zijn V-vormig ingesneden in de hellingen, meanderen niet (althans niet vrij), hebben geen of vrijwel geen dalbodem en sedimenteren nauwelijks. Hun loop wordt vooral bepaald door de lokale bodemgesteldheid en door de begroeiing: ze zijn doorgaans met bomen begroeid. De wanden van de stroomgeul vormen op veel plekken ook smalle bronzones. Het verhang en daarmee de stroomsnelheid van het water zijn naar Nederlandse begrippen groot (meer dan 15 m/km). De afvoer is gering maar relatief constant, al kunnen verschillen in substraat en invloeden van oppervlakkig afstromend regenwater voor fluctuaties in de afvoer zorgen. Zo zijn de fluctuaties in het kalksteen gebied het grootst. De waterkwaliteit verschilt weinig van dat van het uitredende grondwater van de bijbehorende bronzones. Wel kan door verandering van temperatuur (opwarming) en CO₂-ontgassing de hardheid afnemen door het neerslaan van kalk.

Het substraat van de dalbodem bestaat meestal uit relatief erosieresistent materiaal, zoals klei en compacte leem, plaatselijk gemend met grind en hier en daar bedekt met wat verspoelde löss en fijn zand. Zodra er een substantiële dalbodem gevormd wordt door afzetting van door de beek meegevoerd sediment, is er geen sprake meer van een bronbeek. Dan spreken we veeleer van een klein beekstelsysteem, waarin de fysiotoopen droge beekdalbodem, natte lage beekdalbodem en klein beekloop zijn te onderscheiden.

Kleine beekdalen zijn diep in het plateau ingesneden landschapsvormen met een vrij steil verhang (8-15 m/km). In tegenstelling tot de bronbeken zijn deze insnijdingen niet langer als onderdeel van de plateauhelling te zien, maar vormen ze zelf dalwanden en plateauranden. Ze worden gekarakteriseerd door smalle dalbodems (meestal minder dan 20 m) breed, die in hoge mate beïnvloed worden door materiaal dat afkomstig is van de dalwanden (hellingmateriaal en colluvium). De kleine beekdalen hebben zowel een erosief als een sedimentatief karakter. Er zijn relatief droge en natte delen in de dalbodem te onderscheiden. Ze worden gevoed vanuit stroomopwaarts in het aangesneden freatisch vlak gelegen bronbeken en kwelzones. Periodiek vindt voeding plaats door *run-off* bij neerslagpieken. De dalbodem kan vanuit de beek overstroomd worden. We onderscheiden binnen de kleine beekdalen vier fysiotoopen:

Beeklopen (fysiotoop 2A)

Kleine beeklopen vormen samen met droge en natte beekdalbodems de fysiotoopen van de dalen van de kleine heuvellandbeken. De kleine beeklopen meanderen in het door de beekloop grotendeels zelf aangevoerde sediment. Dit sediment bestaat meestal uit een mengsel van lokaal in de dalwand aangesneden materialen, zoals verspoelde löss gemengd met mergelfragmenten, glauconitische zanden en kleien en gronden (in het kalksteen- en groenzandgebied en de zuidelijke plateaus) en/of zanden afkomstig uit Pleistocene en Tertiaire afzettingen (Tertiaire gebied en de noordelijke plateaus). Hoewel de beeklopen slechts ondiep in de dalbodem zijn ingesneden (< 1,5 m), komen zowel steile stoot-oeveren als geleidelijke glij-oeveren voor. In tegenstelling tot de bronbeken treedt er meestal geen grondwater uit de insnijdingswand van de beekloop. Grondwater kan wel uittreden in de stroomgeul zelf, in bronzones in de aangrenzende hellingen (dalwand) of via de natte lage delen van de beekdalbodem. Behalve door grondwater worden de waterkwaliteit en de afvoer in belangrijke mate bepaald door lokaal freatisch water en oppervlakkig afstromende neerslag. Hierdoor ontstaat, veel meer dan bij de bronbeken, een groot verschil tussen de basisafvoer en de piekafvoer. Een deel van dalbodems kan daarbij periodiek vanuit de beekloop overstroomd worden. Onder invloed van lokaal freatisch

water en afgevoerde neerslag, gemengd met afgespoelde humus en ander bodemmateriaal, is het water in het algemeen voedselrijker dan in de bronfysiotopen. In sommige beken bestaat de basisafvoer voor een belangrijk deel uit rioolzuiveringswater (zoals in de Eyserbeek). Het verhang is minder groter dan in de grote bronbeken, maar groter dan in de grote beekdalen (8-15 m/km). Plaatselijk kunnen, bijvoorbeeld door aanvoer van kalkrijk hellingmateriaal, kalkrijke plekken ontstaan.

Droge dalbodems (fysiotoop 2B)

De hogere vlakke en licht wolvende delen (kleine oeverwalle, en dergelijke) van de beekdalen vormen de droge dalbodems. Ze zijn opgebouwd uit door de beek meegevoerd sediment gemengd met van de aangrenzende hellingen afgespoeld bodemmateriaal. Gezien de alom aanwezige löss in het stroomgebied heeft het beeksediment een sterk lemig karakter. In perioden met een groot neerslagoverschot kunnen deze droge dalbodems voor korte tijd overstromd worden.

Natte laagten (fysiotoop 2C)

De natte delen van de beekdalbodem kunnen bestaan uit kleine komvormige laagten of uit ondiepe dalvormige laagten die duiden op een verlaten stroomgeul. De laagten worden vooral gevoed door aanvoer van freatisch water, waardoor er gedurende het grootste deel van het jaar vochtige omstandigheden heersen. In de laagten blijft na overstroming vanuit de beek het water naar verhouding lang staan.

Moerige laagten (fysiotoop 2D)

In sommige natte laagten is sprake van veenvorming. Deze moerige laagten zijn onder invloed van kwel ontstaan. Bij Voerendaal en in het Bovenste Hof bij Brunssum komen moerige dalbodems voor die grotendeels bedekt zijn met beekleem. Deze moerige laagten sluiten qua ligging aan op de kleine beekdalen, maar lijken door hun omvang anderzijds ook op de kwelgevoede kommen in de grote beekdalen.

Grote beekdalen zijn min of diep ingesneden in het landschap, waarbij plaatselijk steile dalwanden (vanaf het plateau gezien betreft dit plateauranden) zijn ontstaan, waarin diverse geologische formaties worden aangesneden. De Geul, Gulp en Jeker zijn aanzienlijk dieper ingesneden dan de Geleen en de Worm. De grote beekdalen bepalen samen met het Maasdal grotendeels het reliëf van Zuid-Limburg. Ze bestaan uit brede vlakke dalbodems of beter gezegd dalvlakten van tientallen tot enkele honderden meters breed. Het ingesneden dal is in de loop van de tijd voor een deel weer opgevuld met door de beek zelf aangevoerd sediment. De in de dalbodem stromende beken hadden oorspronkelijk een vlechtend of vertakt patroon, maar hebben in meer recente perioden een meanderend karakter gekregen. Door veelal opgetreden verlaging van het beekpeil wordt de dalbodem tegenwoordig beter ontwaterd dan de periode tot eind 19e eeuw (zie paragraaf 2.2). Door de diepe insnijding van de beken en voorts door normalisatie van de beeklopen zijn de grote beekdalen in de loop van de tijd sterk verdroogd. De directe invloed van overstromend beekwater op de dalvlakte is momenteel gering. De beken worden voor een deel gevoed door een buiten ons land gelegen stroomgebied (zoals geldt voor de Geul en Gulp) en binnen Limburg door de in de dalen uitmondende kleine beken, bronbeken, kwelzones en freatische water. De stroomgebieden zelf zijn ook van invloed op de aard van het aangevoerde sediment. Zo is het sediment van de Worm iets minder lemig dan dat van het Geulsysteem. Van de drie hoofdgroepen bezitten de grote beekdalen de grootste diversiteit, hetgeen tot uitdrukking komt in het onderscheiden van acht fysiotoopen.

Beeklopen (fysiotoop 3A)

Grote beeklopen als de Geul en Geleenbeek kenmerken zich behalve door het geringe verhang (2 tot 8 m/km) en de grotere afvoer vooral door hun veel diepere ligging in de beekdalbodem dan de kleine beekdalen. Dit heeft vooral gevolgen voor de grondwaterstanden in de aangrenzende beekdalbodem of dalvlakte. De buiten de genormaliseerde trajecten sterk meanderende beeklopen worden dan ook op veel plaatsen begrensd door steile stootoevers en duidelijke glij-oevers, en herbergen plaatselijk banken van grovere sedimenten (grind en zand). In landbouwgebieden zijn

deze meanderende beddingen veelal door beschoeiingen gefixeerd. Bij het achterwege blijven van fixatie kan meer zijdelingse erosie optreden, zoals blijkt uit veranderingen in het Wormdal gedurende de vorige eeuw (Peters et al. 1999), waardoor de bedding zich verbreedt en een meer vlechtend patroon ontstaat (zie ook Par. 2.2). Mogelijk is zo'n meer vlechtend patroon in potentie ook aanwezig in andere grote beken, zoals de Geul, al zal de snelheid waarmee zo'n systeem zich kan ontwikkelen in het Geuldal lager zijn dan in de meer zandige sedimenten van de Worm (Peters et al. 1999).

De beken van de grote beekdalen kenmerken zich door grote verschillen in de basisafvoer en de piekafvoer (grote afvoerdynamiek). Ten gevolge van de diepe ligging van het stroombed zal zelden overstrooming van grote delen van de dalvlakte optreden. De waterkwaliteit heeft door agrarische en urbane invloeden veel meer een voedselrijk karakter dan in de kleine beeksystemen. Een groot deel van de basisafvoer bestaat uit effluent van rioolzuiveringen. Grondwater dat afkomstig is uit de kalksteenplateaus (Geul) en Tertiaire en Pleistocene afzettingen wordt door de beekloop wel gedraineerd, maar heeft minder grote invloed op de waterkwaliteit dan in de kleinere systemen.

Genormaliseerde beeklopen (fysiotoop 3B)

Genormaliseerde beeklopen zijn vooral te vinden in het dal van de Geleenbeek maar ook in delen van het Jekerdal, het Geuldal en het Wormdal. Meanders en de bijbehorende stoot- en glij-oeveren (met de daaraan verbonden erosie- en sedimentatieprocessen) ontbreken of zijn sterk beperkt door houten beschoeiing, betontegels of stortstenen en de 'genormaliseerde' beekbedding zelf. Hierdoor ontbreekt de voor een natuurlijke beekloop karakteristieke afwisseling van dynamische en laag-dynamische milieus. De taluds van de beeklopen hebben een gestandaardiseerde helling, zijn deels verhard en doorgaans eenvormig begroeid. Het Wormdal is deels beperkt in zijn loop door het storten van mijnafval in de jaren zestig van de vorige eeuw, hetgeen als een bijzondere vorm van normalisatie gezien kan worden.

Kalkrijke oeverwallen en hogere dalvlakten (fysiotoop 3C)

Oeverwallen (tot enkele tientallen meters breed) en hogere dalvlakten (tot enkele honderden meters breed) van de grote beeksystemen hebben een diepe grondwaterstand en worden tegenwoordig slechts zelden overstroomd. Hierdoor vindt ook nauwelijks meer sedimentatie plaats. Ze bestaan uit relatief lichte, lemige bodems met in de ondergrond hydromorfe kenmerken (poldervaaggronden). Veel van deze hydromorfe kenmerken zijn ontstaan in een natter verleden en komen niet overeen met de huidige dieper weggezakte gemiddelde grondwaterstand. De oeverwallen en hogere dalvlakten zijn plaatselijk kalkrijk (d.w.z. hebben een aantoonbaar gehalte aan vrije kalk en een pH van boven de 7). Deze fysiotoepen komen vooral in het benedenstroomse deel van de Geul en in het Jekerdal op plekken waar de beken de kalksteenellingen aansnijden.

Kalkarme oeverwallen en hogere dalvlakten (fysiotoop 3D)

De meest van de drogere oeverwallen en dalvlakten hebben geen vrije kalk. De lemige gronden zijn in kalkarme sedimenten als verspoelde en ontkalkte löss, als terrasafzettingen of als kalkarme glauconitische afzettingen ontwikkeld of zijn gedurende de bodemvorming tot op wisselende diepte ontkalkt. De pH kan variëren van 4,5 tot ruim 6,5. Deze lemige gronden hebben wel een hoge basenverzadiging (meer dan 60 %).

Kommen zonder kwel (fysiotoop 3E)

De meeste kommen in de grote beekdalen onderscheiden zich van de hogere delen van het dal door een hoger kleigehalte. Plaatselijk komt er een moerige bovengrond voor. Hoewel het grondwaterniveau hier hoger is dan in de hoger gelegen dalvlakten, is er vrijwel nergens meer sprake van natte situaties. De kommen worden waarschijnlijk niet of nauwelijks meer vanuit de beek overstroomd (en dan meestal nog indirect). Alleen tijdens extreme afvoeren van de Geul vindt in dit beekdal langs niet- genormaliseerde trajecten nog incidenteel inundatie plaats. De grondwaterstanden zijn tijdens perioden met hoge beekwaterstanden wel hoger. In

de relatief kleiige bodems komen hoog in het profiel hydromorfe kenmerken voor (ijzer- en reductievlekking).

Kwelgevoede kommen (fysiotoop 3F)

Plaatselijk worden kommen nog door kwel gevoed. Deze kommen zijn veelal moerig van karakter. Ze zijn op veel plaatsen bedekt met een dunne laag beekleem en her en der komen laagjes moeraskalk voor. Kwelgevoede kommen zijn op te vatten als grotendeels verdroogde kwelzones in de brede beekdalbodem. Ze komen bijvoorbeeld voor bij Cartils, waar het dal van de Eyserbeek uitmondt in het Geuldal. Het voorkomen van veenlagen in sommige bodemprofielen in het Geuldal wijst erop dat dit soort kommen vroeger een grotere verspreiding kenden en dat in het dal kwelvenen voorkwamen.

Bronnen (fysiotoop 3G)

In de grote beekdalen kunnen ook bronnen voorkomen. Ze kunnen onderdeel zijn van de kwelgevoede kommen, maar liggen niet per definitie in de laagste delen van de beekdalbodem. Ze zijn vrijwel constant waterverzadigd. Plaatselijk is in deze bronnen veen ontwikkeld.

Natte dalvormige laagten (fysiotoop 3H)

Natte dalvormige laagten zijn veelal restanten van beeklopen waarin het water nog regelmatig aan of boven maaiveld komt. Zij zijn meestal ook kwelgevoed maar worden mogelijk nog (indirect) beïnvloed door waterstanden in de beek. Door deze beekinvloed is het water eutroof van karakter in vergelijking met het grondwater. De natte dalvormige laagten zijn moerig met karakteristieke humusvormen van de semi-terrestrische milieus (broekbosmilieu). Deze fysiotoopen komen nog het meest in de buurt van de oorspronkelijke omstandigheden die in vroeger tijd voor een groot deel in de grote beekdalen heersten (een voorbeeld is het broekbos bij de Kathager Beemden).

**Fout! Objecten kunnen niet worden gemaakt door veldcodes te bewerken.
Fout! Objecten kunnen niet worden gemaakt door veldcodes te bewerken.
Fout! Objecten kunnen niet worden gemaakt door veldcodes te bewerken.**

Afbeelding 3.9. Geuldal ter hoogte van Terziet met aanduiding van de hier aanwezige

Afbeelding 3.10. Geuldal ter hoogte van Gulpen met aanduiding van de hier aanwezige fysiotoopen.

Afbeelding 3.11. Geleenbeekdal ter hoogte van Hoensbroek met aanduiding van de hier aanwezige fysiotoopen.

*Afbeelding 3.13. Benedenloop Geul met aanduiding van de hier aanwezige
fysiotopen.*

**Fout! Objecten kunnen niet worden gemaakt door veldcodes te bewerken.Fout!
Objecten kunnen niet worden gemaakt door veldcodes te bewerken.**

3.5 Landgebruik en beheer

Naast de abiotische condities, zoals die in de voorgaande paragrafen op verschillende niveaus en vanuit verschillende aanvliegroutes zijn beschreven, vormen landgebruik en beheer *master factors* die bepalen welke levensgemeenschappen in het landschap voorkomen. Zonder menselijke invloed zouden de Zuid-Limburgse beekdalen nagenoeg geheel met bos zijn bedekt, ook al wordt daar door sommige auteurs anders over gedacht (Vera 1997). Het Zuid-Limburgse landschap, met zijn kalkgraslanden, beekdalhooilanden, heggen, graften, hellingbossen, boswachterijen, al of niet beboste holle wegen, boomgaarden en (weidse) akkers is een klassiek voorbeeld van een oud cultuurlandschap, dat helaas in de loop van de tijd veel van zijn charme en kwaliteiten heeft moeten prijsgeven, maar dat niettemin – voor Nederlandse begrippen – nog ongekend rijk is aan natuurwaarden. We hebben gezien dat voor een goed begrip van het huidige beekdallandschap een gedegen kennis van de geschiedenis van deze beekdalen en de plek van de mens daarin een vereiste is. In de volgende hoofdstukken zal op diverse plekken worden ingegaan op landgebruik en beheer, zullen de grootste knelpunten worden benoemd, en zal in de synthese worden getracht een aantal aanbevelingen te formuleren. De relatie beheer-natuurkwaliteit is één van de vraagstukken waarover nog veel onduidelijkheden bestaan, zeker wanneer we de vragen precies formuleren en nauwgezette, goed gedocumenteerde antwoorden willen krijgen. De thematiek zal daarom ook terugkeren als we aan het eind van dit preadvies kennishiaten en daaraan gelieerde onderzoeksvragen postuleren.

3.6 Connectiviteit en dispersie

Enige tijd heeft men de overtuiging gehad dat zodra de standplaatsomstandigheden maar op orde zijn, de beoogde planten en dieren vanzelf volgen, maar deze visie is inmiddels algemeen verlaten. Daartoe is het aantal teleurstellingen bij natuurontwikkelings- en restauratieprojecten te groot, waarbij (vaak na dure maatregelen als grootschalig ontgronden en regionaal herstel van de waterhuishouding) de abiotische randvoorwaarden hersteld leken, maar de gewenste soorten toch niet verschenen. Ook de bewijskracht die is aangeleverd via uiteenlopend onderzoek, door faunisten, vegetatiekundigen en historisch ecologen, is dermate overtuigend dat niemand er meer aan twijfelt dat onderwerpen als connectiviteit en dispersie van grote betekenis zijn als we spreken over natuurherstel. Een goed voorbeeld is de recente studie van W.A. Ozinga, die op basis van een analyse van zeer omvangrijke gegevensbestanden laat zien in welke mate dispersie een beslissende factor is (Ozinga 2008). In zijn onderzoek combineert hij vegetatiekundige gegevens met gegevens over functionele kenmerken van de samenstellende soorten (*plant traits*). Door gegevens uit verschillende perioden met elkaar te vergelijken en door het onderzoek te verbreden met gegevens (eveneens zeer grote databestanden) over het ruimtelijk voorkomen van vegetatietypen en soorten is het Ozinga gelukt een aantal belangwekkende conclusies te trekken en met harde gegevens te onderbouwen. Voor het transport van zaden zijn externe vectoren, zoals wind, water, vogels en de vacht of mest van dieren nodig, die in het landschap als het ware een dispersie-infrastructuur vormen. En juist ten aanzien van deze infrastructuur, die een sleutel blijkt te vormen tot het verklaren van veranderingen in de Nederlandse flora in de voorbije eeuw, is veel veranderd.

4 Natuurwaarden in de beekdalen in het Heuvelland

De beekdalen in het Heuvelland behoren zonder twijfel tot de *hotspots* van biodiversiteit in ons land. Op dit vlak kunnen ze zelfs wedijveren met de niet-grondwatergebonden levensgemeenschappen in Zuid-Limburg, wat niet bij iedereen bekend is. Tot nu toe hebben kalkgraslanden en eikenhaagbeukenbossen in dit deel van ons land veel meer in de aandacht gestaan van onderzoekers en natuurbescherming dan de ‘natte ecosystemen’. En hoe terecht de belangstelling voor de orchideeënrijke schraallanden en de soortenrijke voorjaarsbossen ook is, de verhouding is toch wel scheef. De volgende paragrafen zullen dit verduidelijken. De rijkdom aan biologische waarden zal worden besproken aan de hand van een select aantal soortengroepen. Wat de plantengroei betreft, zullen vaatplanten en plantengemeenschappen aan bod komen, wat betreft de fauna is gekozen voor een drietal soortengroepen: gewervelden (met bijzondere aandacht voor vissen en amfibieën), vlinders en libellen, en overige ongewervelden. De kenmerkende mossen van het Heuvelland komen in het preadvies ‘Mossen en korstmossen’ (momenteel in afronding, onder redactie van Rienk-Jan Bijlsma) uitvoerig aan bod. In dit verband moet worden gedacht aan voor bronvegetatie specifieke soorten als Wolmos (*Trichocolea tomentosa*), Glansmos (*Hookeria lucens*) en Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*).

4.1 Flora en vegetatie

Om enigermate het overzicht te kunnen behouden in de grote verscheidenheid aan flora en vegetatie in de Zuid-Limburgse beekdalen kunnen we deze het beste bespreken aan de hand van een aantal ecosysteemtypen of formaties. Zo onderscheiden we een vijftal hoofdtypen, die ieder voor zich worden gekenmerkt door een eigen vegetatiestructuur. De vegetatiestructuur wordt als zodanig vooral bepaald door verschillen in menselijk gebruik, geohydrologie en geohydrochemie. Binnen deze hoofdtypen zijn dan weer diverse plantengemeenschappen te herkennen, ieder met een specifieke soortensamenstelling en standplaatseisen. Voor de naamgeving van de gemeenschappen gaan we uit van de indeling van *De Vegetatie van Nederland* (Schaminée et al. 1995, 1996, 1998; Stortelder et al. 1999), al is het soms nodig iets meer detail aan te brengen. We onderscheiden achtereenvolgens bronbossen, beekbegeleidende bossen, brongemeenschappen (buiten het bos), hellingmoerassen en (natte tot vochtige) graslanden. Omdat in het bijzonder de hellingmoerassen tot op heden weinig aandacht hebben gekregen, zullen we bij dit ecosysteemtype wat langer stilstaan. De moerasbegroeiingen blijken ook zeer divers (en dikwijls ook moeilijk af te bakenen tegenover de overige systeemtypen in de beekdalen), waarbij met name polvormende en matvormende vertegenwoordigers van de familie der *Cyperaceae* een prominente rol spelen.

Een groot aantal planten (vaatplanten) heeft in Nederland een zeker zwaartepunt van voorkomen in Zuid-Limburg, en daarvan is weer een respectabel deel min of meer gebonden aan beekdalen. Tabel 4.1 geeft een overzicht van deze soorten. Hierbij is van iedere soort aangegeven in welke geohydrologisch gebied ze voorkomt, wat haar eventuele status op Rode Lijsten is en in welke plantengemeenschappen de soort voorkomt. Aangezien Rode Lijsten per definitie areaalgebonden zijn, is hier gekozen voor het voorkomen van de desbetreffende soorten op verschillende lijst, van lokaal (Heuvelland), regionaal (Overig Limburg) tot nationaal (Nederland). De scores voor het Heuvelland en Overig Limburg zijn uit Blink (1997), de landelijke scores conform Van der Meijden et al. (2000). Wat de aanduiding van de plantengemeenschappen betreft, is gekozen voor een vermelding van het syntaxonomische verbondsniveau (*Alno-Padion*,

Sparganio-Glycyderion, *Caricion davallianae* en *Calthion palustris*). In totaal bevat de lijst 37 soorten, allemaal dus soorten voor het behoud waarvan de Zuid-Limburgse beekdalen een (vaak grote) rol van betekenis spelen. Daarnaast is nog een aantal plantensoorten te noemen, die vroeger in de Zuid-Limburgse beekdalen voorkwamen, maar inmiddels zijn verdwenen. Dit betreft onder meer ook Breed wollegras (*Eriophorum latifolium*), Vlozegge (*Carex pulicaris*), Parnassia (*Parnassia palustris*), Moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*), Vleeskleurige orchis (*Dactylorhiza incarnata*) en Wantsenorchis (*Orchis coriophora*). Op enkele van deze soorten wordt verderop ingegaan.

Tabel 4.1. Overzicht van regionaal of landelijk bedreigde vaatplanten die in Nederland een zwaartepunt in Zuid-Limburg hebben en daarbinnen een sterke gebondenheid aan beekdalen. De deelgebieden zijn conform de gehanteerde geohydrologische indeling in dit preadvies (LG = lössgebied, KG = kalkgebied, VG = vuursteeneluviumgebied). De Rode Lijst categorieën zijn volgens Van der Meijden et al. (2000). De vegetatietypen zijn conform 'De Vegetatie van Nederland' (Schaminée et al. 1995, 1996; Stortelder et al. 1999): AP = Alno-Padion, CA = *Calthion palustris*, CD = *Caricion davallianae*, GS = *Sparganio-Glycerion*.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Deel-gebied	Rode Lijst	Vegetatie-type
<i>Aconitum vulparia</i>	Gele monnikskap		HL1 kwetsbaar	AP
<i>Adoxa moschatellina</i>	Muskuskruid		OL3	AP
<i>Apium nodiflorum</i>	Groot moerasscherm		OL3	GS
<i>Bromus ramosus</i> subsp. <i>Benekenii</i>	Bosdravik		HL1 bedreigd	
<i>Bromus ramosus</i> subsp. <i>ramosus</i>	Ruwe dravik		HL2 ernstig bedreigd	
<i>Carex brizoides</i>	Trilgraszegge		HL1 gevoelig	CA
<i>Carex flava</i>	Gele zegge		HL1 bedreigd	CD
<i>Carex lepidocarpa</i>	Schubzegge		HL1 bedreigd	CD
<i>Carex pendula</i>	Hangende zegge		HL2 gevoelig	AP
<i>Carex strigosa</i>	Slanke zegge		HL1 kwetsbaar	AP
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	Verspreidbladig goudveil		HL2 OL2	AP
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	Paarbladig goudveil		HL3 OL2	AP
<i>Cirsium oleraceum</i>	Moesdistel		HL2 OL0	CA
<i>Colchicum autumnale</i>	Wilde herfsttijloos		LH3 OL1 bedreigd	
<i>Crepis paludosa</i>	Moerasstreepzaad		HL3 OL1 kwetsbaar	AP CA
<i>Cruciata laevipes</i>	Kruisbladwalstro		OL3 kwetsbaar	
<i>Dactylorhiza maculata</i> subsp. <i>maculata</i>	Gevlekte orchis		HL2 OL3 kwetsbaar	
<i>Dactylorhiza majalis</i> subsp. <i>majalis</i>	Breedbladige orchis		HL2 OL2 kwetsbaar	CA
<i>Equisetum telmateia</i>	Reuzenpaardestaart		HL3	AP
<i>Fragaria vesca</i>	Bosaardbei		OL2 gevoelig	AP
<i>Glyceria notota</i> subsp. <i>Notata</i>	Stomp vlotgras		OL2	
<i>Hieracium lactucella</i>	Spits havikskruid		HL2 ernstig bedreigd	
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Groot springzaad		HL3 OL2	AP
<i>Listera ovata</i>	Grote keverorchis		OL1 kwetsbaar	AP
<i>Lysimachia nemorum</i>	Boswederik		HL3 OL1	AP
<i>Mentha suaveolens</i>	Witte munt		HL3 OL2 bedreigd	
<i>Paris quadrifolia</i>	Eenbes		HL3 OL2 kwetsbaar	AP
<i>Phyteuma spicatum</i> subsp. <i>nigrum</i>	Zwarte rapunzel		HL2 OL1 kwetsbaar	AP
<i>Polygonum bistorta</i>	Adderwortel		HL3 OL2	CA
<i>Potentilla sterilis</i>	Aardbeiganzerik		OL2 kwetsbaar	AP
<i>Primula elatior</i>	Slanke sleutelbloem		OL2	AP CA
<i>Ranunculus fluitans</i>	Vlottende waterranonkel		HL2 bedreigd	
<i>Saxifraga granulata</i>	Knolsteenbreek		HL3 OL2 bedreigd	CA
<i>Selinum carvifolia</i>	Karwijselie		HL1 bedreigd	CA
<i>Succisa pratensis</i>	Blauwe knoop		HL2 OL3 gevoelig	CA
<i>Valeriana dioica</i>	Kleine valeriaan		HL1 kwetsbaar	CD
<i>Veronica montana</i>	Bosereprijs		HL3 OL1	AP

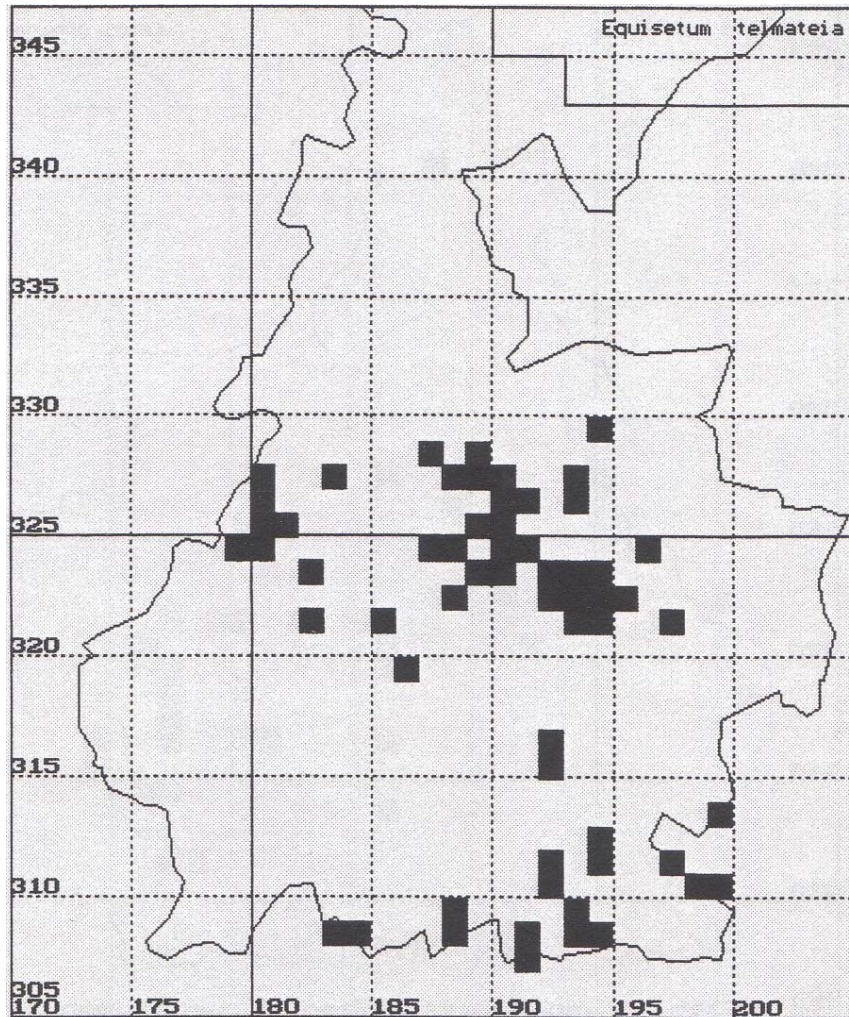
4.1.1 Bronbossen

De bronbossen van het Heuvelland behoren alle tot het Goudveil-Essenbos (*Carici remotae-Fraxinetum*), de enige bronbos-associatie van ons land. Samen met het hierna te bespreken Vogelkers-Essenbos (*Pruno-Fraxinetum*) maakt deze plantengemeenschap deel uit van het Vogelkers-verbond, het *Alno-Padion*. Naast Gewone es (*Fraxinus excelsior*) is in de boomlaag doorgaans Zwarte els (*Alnus glutinosa*) prominent aanwezig. De ondergroei van dit bostype is bijzonder soortenrijk. Zo kunnen veel soorten van de Zuid-Limburgse eikenhaagbeukenbossen ook in de bronbossen worden aangetroffen, waaronder Bosanemoon (*Anemone nemorosa*), Slanke sleutelbloem (*Primula elatior*) en Eenbes (*Paris quadrifolia*). Daarnaast is er een indrukwekkende lijst van soorten die min of meer tot dit bostype beperkt is. Te noemen zijn Boswederik (*Lysimachia nemorum*), Reuzenpaardestaart (*Equisetum telmateia*), Bosereprijs (*Veronica montana*) en Verspreidbladig goudveil (*Chrysosplenium alternifolium*). De grote soorten rijkdom is voor een belangrijk deel ook het gevolg van een kleinschalig patroon van bronnen, natte kwelplekken, vochtige en drogere bulten en boomvoeten. Door de aanwezigheid van drogere bulten heeft dit bostype vaak ook een duidelijk ontwikkelde struiklaag. Het Goudveil-Essenbos is gebonden aan plekken waar plekken in het landschap waar min of meer constant water uittreedt. De bodem van de laagste plekjes is het jaar rond waterverzadigd, maar er treedt geen stagnatie van het uitgetreden grondwater op. In de hogere plekjes zit de grondwaterstand stabiel een of enkele decimeters onder het maaiveld. Kenmerkend is ook dat het bodemwater gedurende het hele jaar een vrij constante temperatuur heeft van omstreeks 10 °C en relatief rijk is aan basen en carbonaat. Verschillen in waterkwaliteit en daarmee in soortensamenstelling van de vegetatie hangen samen met de geologische opbouw, de ouderdom van het grondwater en de mate van verstoring vanuit het bovenliggend plateau (verdroging, vermesting).

Het voorkomen van bronbossen is per definitie gebonden aan landschappen met veel reliëf. Elders in het land liggen zij vaak aan de voet van een helling, op de overgang naar vlakkere terreingedeelten. Een beroemd voorbeeld van zo'n bronbos ligt bij kasteel Middachten, op de overgang van de Veluwe naar het IJsseldal. In het Heuvelland liggen de bronbossen zowel in dalen, aan hellingvoeten als ook hoger op de helling, een enkele keer zelfs vlak onder de plateaurand. Voor wat betreft hun landschappelijke ligging zijn er hier grofweg twee mogelijkheden. In de eerste plaats komen bronbos-begroeiingen voor als smalle linten langs de bovenloop van diep ingesneden bosbeekjes (bronbeken). Een heel fraai voorbeeld – met onder andere de zeer zeldzame Slanke zegge (*Carex strigosa*) – vinden wij in het Kloosterbos. Op de meeste plaatsen gaat het echter veeleer om vegetatiefragmenten dan om goed ontwikkelde vormen van de associatie. Naast deze – vaak zeer smalle – lintvormige begroeiingen op de oever van bosbeken, kunnen bronbossen ook voorkomen als onderdeel van de helling. Het gaat dan in de meeste gevallen om wat grotere, aaneengesloten oppervlakten (tot enkele tientallen meters in doorsnee), vaak gelegen op de iets vlakkere hellinggedeelten (bronterrassen). Soms kunnen zelfs meerdere bronniveaus met Goudveil-Essenbos boven elkaar worden aangetroffen, zoals in het hierboven genoemde Kloosterbos goed te zien is. De soortensamenstelling van de bronbossen op de verschillende bronniveaus kan onderling vrij sterk verschillen.

Zoals hierboven vermeld zijn de bronbossen van het Goudveil-Essenbos doorgaans gebonden aan baserijk grondwater. Men zou daarom verwachten dat dit bostype binnen het Zuid-Limburgse heuvelland zijn zwaartepunt heeft in het centraal gelegen kalkgebied. Dit is echter niet het geval. De dikke kalksteenpakketten zitten hier namelijk vol spleten en gaten waardoor het infiltrerend regenwater snel kan verdwijnen naar de diepere ondergrond. Om het grondwater op de helling of aan de hellingvoet te laten uittreden zijn stagnerende lagen nodig die het grondwater dwingen zijn koers te verleggen van vertikaal naar horizontaal. Dergelijke condities zijn vooral aanwezig in het noordelijke deel van het Heuvelland in het Lössgebied, waar onder een afdeklaag van lössleem een dik pakket van verschillende op elkaar gelegen tertiaire afzettingen ligt, in textuur variërend van goed doorlaatbare zanden tot zeer slecht doorlatende (en vaak zeer kalkrijke!) kleien. Het is dan ook niet

verwonderlijk dat de belangrijkste brongebieden in dit deel van het Heuvelland liggen: Kloosterbos, Ravensbos en Bunder- en Elsloërbos. Voorts zijn ook in het zuidoostelijke gelegen deel van Heuvelland, in het vuursteeneluviumgebied, plaatselijk – zij het op veel beperktere schaal – bronbossen aanwezig, die hun bestaan danken aan het dagzomen van de onder het krijt gelegen Vaalser groenzanden. Het voorkomen van deze bossen in het Heuvelland valt mooi te illustreren aan de hand van de verspreiding van een kenmerkende soort als de Reuzenpaardestaart (zie Afbeelding 4.1).



Afbeelding 4.1. Verspreiding van de Reuzenpaardestaart (*Equisetum telmateia*) in het Heuvelland, waaruit blijkt dat deze soort vooral is aan te treffen in het Lössgebied en Vuursteeneluviumgebied, veel minder in het Kalkgebied (Blink 1997). Haar voorkomen accentueert de aanwezigheid van bronnen.

Dankzij hun duidelijke floristische identiteit zijn de Zuid-Limburgse bronbossen in het veld goed herkenbaar en afgrensbaar. Dit neemt echter niet weg dat er in de meeste gevallen sprake is van een overgangszone naar de aangrenzende begroeiingen. Zo worden de op hellingen gelegen bronbossen – uiteraard vooral aan de onderkant – begrensd door een zone waarin weliswaar de specifieke bronsoorten niet meer kunnen gedijen, maar de basenvoorziening door toevoer van grondwater toch zoveel gunstiger is dat een rijkere vorm van het eikenhaagbeukenbos (*Stellario-Carpinetum*, subassociatie *typicum*) kan ontstaan dan elders op de relatief droge, diepe lösshellingen aanwezig is (subassociatie *oxalidetosum*). De soortendiversiteit van het hellingcomplex als geheel wordt hierdoor aanzienlijk vergroot. Een vergelijkbaar verrijkend effect vinden wij in kwelrijke bosgebieden waar plaatselijk bronbossoorten als Groot springzaad (*Impatiens noli-tangere*) en Boswederik (*Lysimachia nemorum*)

zich buiten hun eigenlijke milieu wagen en zich als padrandplant gaan gedragen. Wellicht de meest interessante overgangen tenslotte zijn die tussen gesloten bronbos en open brongebieden. In dit opzicht zijn vooral de bronzones van het Ravensbos interessant. Wij zien hier enerzijds dat de fraaiste en meest kwelrijke bronbossen een zeer ijle en slecht ontwikkelde boomlaag hebben en anderzijds dat ook de open brongebieden nog zeer rijk zijn aan bosplanten waaronder ook soorten van het bronbos. Beide systemen herbergen echter ook diverse 'eigen' soorten. De vraag is dan ook welke vegetatiestructuur en vegetatiepatronen op de Zuid-Limburgse bronterrassen het meest aansluiten op het historische landgebruik en welke de meeste potenties voor soortdiversiteit bieden.

4.1.2 Beekbegeleidende bossen

De term 'beekbegeleidend bos' wordt hier breed opgevat: alle bossen van de Zuid-Limburgse beekdalen, met uitzondering van de langs de bovenloop van kleine bosbeken gelegen bronbossen (zie hierboven). Het gaat daarbij zowel om de direct langs de wat bredere beken gelegen bossen, als om de bossen die op grotere afstand van de huidige beekloop maar wel op de beekdalbodem liggen. Anders dan het geval is bij de hierboven besproken bronbossen, geldt voor vrijwel alle beekbegeleidende bossen van het Heuvelland dat het om kleine, min of meer geïsoleerde bospercelen gaat, die als enclaves in het agrarisch landschap liggen en daar vaak sterk door worden beïnvloed.

Veel beekbegeleidende bossen zijn lastig in te passen in de landelijke bostypologie, niet alleen omdat het vaak relatief soortenarme en min of meer gedegradeerde systemen betreft, maar vooral vanwege het binnen ons land sterk atypische karakter van het Zuid-Limburgse landschap. Door ons wordt hier bij de bespreking van de beekbegeleidende bossen onderscheid gemaakt tussen bossen op achtereenvolgens relatief droge, vochtige en natte standplaatsen.

Bossen van droge standplaatsen vinden wij vooral op de oeverwallen van de grotere beekdalen. In de regel liggen zij langs of in de directe omgeving van de beek. Vegetatiekundig gaat het hier om bossen uit het onderverbond *Ulmenion carpinifoliae* van het eerder genoemde *Alno-Padion*. De Nederlandse naam van dit onderverbond luidt Iepenrijke Eiken-Essenbossen, maar ook in Zuid-Limburg zijn iepen als bosbomen een grote zeldzaamheid geworden. Wel komen hier – waarschijnlijk meer dan in andere delen van het land – struikvormige veldiepen (*Ulmus minor*) nog veelvuldig voor in de bosranden. Afhankelijk van de textuur en hoogteligging kan binnen deze groep bossen een onderscheid worden gemaakt in het Abelen-Iepenbos (*Violo odoratae-Ulmetum*; relatief lichte bodem en hoge ligging) en het Essen-Iepenbos; relatief zware bodem en lage ligging). Het verschil is echter gradueel en zelden erg helder. De meeste *Ulmenion*-bossen van de Zuid-Limburgse beekdalen zijn namelijk vrij sterk gedegrademd door omgevingsinvloeden en/of populierenteelt. Populierenbossen zijn vaak erg ruig door het hoge lichtaanbod op de bosbodem en door het hoge stikstofgehalte van het bladstrooisel. Waar in het Heuvelland nog botanisch waardevolle vormen van *Ulmenion*-bossen aanwezig zijn, valt op dat er vaak sprake is van een aanzienlijk aandeel van *Carpinion*-soorten afkomstig uit de naburige hellingbossen. Dit is fraai te zien op diverse plekken in het Bunder- en Elsloërbos, waar sprake is van afschuivend hellingmateriaal.

Vochtige standplaatsen hebben een gemiddelde laagste grondwaterstand die globaal tussen de 50 en 150 cm onder maaiveld ligt. Bossen op dit type standplaats vinden we vooral in de kommen van grotere beekdalen, maar ook in de benedenloop van zijdalen die onderdeel vormen van hellingcomplexen. Een fraai voorbeeld van deze laatste categorie is de bosstrook langs de Strabeekse Vloedgraaf in het Ravensbos. Vegetatiekundig gaat het hier om bossen uit het onderverbond *Circaeo-Alnenion* van wederom het *Alno-Padion* (te duiden als Vochtige Essen-Elzenbossen) en daarbinnen idealiter om het Vogelkers-Essenbos (*Pruno-Fraxinetum*), waarbij er enige gelijkenis kan optreden met het overeenkomstige bostype van het Midden-Europese middelgebergte: het Bosmuur-Elzenbos (*Stellario-Alnetum glutinosae*). In de praktijk gaat het echter – met name in de grote dalen – veelal om vrij soortenarme rompgemeenschappen, niet zelden gedomineerd door Grote brandnetel (*Urtica*

dioica). De verklaring schuilt ook hier in eutrofiering vanuit omliggende landbouwgebieden, verdroging en de nadelige invloed van populierenteelt. Maar ook incidentele inundatie met zeer voedselrijk water speelt plaatselijk een rol. Op niet (meer) geïnundeerde standplaatsen treedt verrijking op omdat periodieke onderdrukking van ruigtesoorten als gevolg van inundatie niet meer optreedt. De verklaring schuilt ook hier in randinvloeden vanuit omliggende landbouwgebieden en de nadelige invloed van populierenteelt. Maar ook incidentele inundatie met zeer voedselrijk water speelt plaatselijk een rol. Op niet (meer) geïnundeerde standplaatsen kan daarentegen verzuring optreden door vermindering van de kweldruk. De weinige goed ontwikkelde voorbeelden van het *Pruno-Fraxinetum* in Zuid-Limburg zijn bijzonder soortenrijk. De overlapping in soortensamenstelling tussen dit bostype en de rijkere vormen van het Eiken-Haagbeukenbos (*Stellario-Carpinetum*) zijn ook landelijk gezien vrij groot, maar in het Heuvelland extra in het oog springend. Het *Carpinion betuli* is immers zelden ver weg. Daarbij lijkt er ook bij lichte verdroging (vermindering van de kweldruk) in de soortensamenstelling van de ondergroei een zekere verschuiving in de richting van het *Carpinion* op te treden, waarbij soorten als Bosbingelkruid (*Mercurialis perennis*) in het beekbegeleidende bos kunnen doordringen. Een dergelijke ontwikkeling wordt bijvoorbeeld vermoed in het hierboven al genoemde bos langs de Strabeekse vloedgraaf, maar zeker is dit allerm minst. Overigens vormt dit bos ook een voorbeeld van veranderingen in positieve zin. Tot voor enkele decennia waren beek en bos hier sterk geëutrofiëerd door aanvoer van afvalwater van een naburige melkfabriek en enkele voormalige visvijvers. Nu vinden wij hier, dankzij de inspanningen van Staatsbosbeheer, één van de, beekbegeleidende bossen van Zuid-Limburg, zo niet het fraaiste. Natte standplaatsen waar ook in de zomer het grondwater niet verder wegzakt dan hooguit 50 cm beneden maaiveld treffen wij vooral aan in de laagst gelegen kommen van de hoofddalen, niet zelden op korte afstand van de hellingvoet. De bijbehorende bostypen kunnen het best gerangschikt worden binnen de klasse van de elzenbroekbossen (*Alnetea glutinosae*). Het betreft hier doorgaans zeer kleine bosjes die grotendeels of geheel door landbouwgronden worden omgeven. Vegetatiekundig is eerder sprake van fragmenten dan van goed ontwikkelde gemeenschappen. Daarbij is er in de meeste gevallen ook sprake van degradatie door eutrofiëring en/of vermindering van kweldruk. Hoewel de Zuid-Limburgse broekbosjes vanuit landelijk perspectief nogal atypisch zijn, wijst het beschikbare opnamemateriaal toch vooral op overeenkomsten met het Veldkers-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum cardaminetosum*), een bostype dat optimaal ontwikkeld voorkomt in de diep ingesneden en kwelrijke beekdalen van Midden-Limburg (o.a. Swalmdal). In Zuid-Limburg komt het voor in komvormige laagten waar de afvoer van kwelwater stagneert. De grondwaterstand is stabiel en ligt aan of iets boven maaiveld. Hier is echter de kalkinvloed sterker en de inslag van *Carpinion*-soorten prominenter dan in Midden-Limburg. Een vorm van Kalk-Elzenbroek (*Cirsio-Alnetum*; zie Van der Werf 1991) komt voor in het lössgebied bij Voerendaal en bij Terworm, waar Moesdistel en Reuzenpaardestaart veel voorkomen. Dit bostype komt in het aansluitend deel van België meer voor., onder andere langs de Geul en de Hohn. De kensoort Moesdistel is verder ook op enkele plekken in het Geuldal aanwezig, zowel binnen als buiten het bos. Het blijft een intrigerende vraag hoe de Zuid-Limburgse broekbosjes er in het verleden hebben uitgezien en hoe zij het best zouden kunnen worden hersteld.

4.1.3 Brongemeenschappen (buiten het bos)

Buiten het bos gelegen brongemeenschappen komen in het Heuvelland voor in hard, ionenrijk en helder water. Ze staan als het ware op de grens van water en land. Zo groeien ze in kleine, smalle waterlopen met een continue stroming en aan oevers van bredere beken, vooral in binnenbochten op grafzandige banken. In de meeste gevallen is sprake van toevoer van kwelwater; mede hierdoor is het water koel en zuurstofrijk. Afhankelijk van het beheer worden twee typen onderscheiden. In beweide omgeving domineren vlotgrassen (in het bijzonder Geplooid vlotgras (*Glyceria notata* subsp. *notata*, synoniem aan *Glyceria plicata*). In onbeweide omgeving is Groot moerasscherm (*Apium nodiflorum*) de meest opvallende soort, hoewel ook hier vlotgrassen (vooral Mannagras, *Glyceria fluitans*) in de ondergroei aanwezig kunnen zijn. Vooral de gemeenschappen met Groot moerasscherm hebben

een dichte vegetatiestructuur en zijn in staat de smalle waterlopen volledig op te vullen.

Landschappelijk maken deze weidebrongemeenschappen onlosmakelijk deel uit van de hellingmoerassen en vormen tevens complexen met de belendende natte graslanden. Omdat ze vegetatiekundig een eigen positie innemen, evenals de verderop te bespreken graslanden, worden ze hier als eigen eenheid besproken. Zowel de Associatie van Stomp vlotgras (*Glycerietum plicatae*) als de Associatie van Groot moerasscherm (*Apietum nodiflori*) worden plantensociologisch gerekend tot de Riet-klasse (Phragmitetea), waarbinnen ze deel uitmaken van het Vlotgras-verbond (*Sparganio-Glycerion*).

4.1.4 Open hellingmoerassen

Verspreid door Zuid-Limburg komen moerassige plekken voor, merendeels van beperkte omvang. Sommige liggen in de dalvloer langs beken en rivieren, andere in de helling van een dalwand. De eerste staan of stonden bloot aan winterse overstromingen, al speelt ook kwel vaak een rol in het nat blijven van deze plekken. Hiertoe behoort het merendeel van de hiervoor beschreven gemeenschappen en ook een deel van de hierna te bespreken natte graslanden. De tweede categorie heeft zijn moerassige karakter te danken aan het uitreden van grondwater, dat via geultjes en/of over het maaiveld afstroomt. Deze gemeenschappen komen in deze paragraaf specifiek aan bod. Hoe drassig een bepaalde plek op de helling wordt, hangt af van de ligging ten opzichte van de waterkerende laag, de hellingshoek, het microreliëf, de lokale drainage en de grootte en constantie van het waterdebiet. Het microreliëf wordt beïnvloed door het terreingebruik, speciaal door beweiding: trapgaten en paadjes fungeren als kleine waterbekkens en geulen. Ook zijn ten behoeve van het gebruik als hooi- of weiland vaak greppels gegraven, die er afgezien van hun rechte verloop nu als beekjes uitzien. De hellinghoek vertoont gewoonlijk veel variatie. De drassigste delen van de helling liggen dikwijls in een 'zadel' dat weinig helt, althans veel minder dan de rest van de helling. Hier is de waterhuishouding het meest constant, ook in vergelijking met de dalvloer: de ligging in een helling voorkomt dat het water stagneert op maaiveld. Steilere hellinggedeelten beneden zo'n zadel krijgen bij sterke wateraanvoer te maken met afstroming over het maaiveld, waardoor de vochttoestand hier juist relatief sterk wisselt.

Open hellingmoerassen zijn niet alleen bijzonder schaars geworden in het Heuvelland, maar ook is de vegetatiekundige informatie over de resterende voorbeelden verre van volledig. Beschrijvingen van moerassige hellingen beperkten zich doorgaans tot de meest bijzondere plekjes en soorten. Een recente inventarisatie door E.J. Weeda brengt hierin verandering. De gegevens zullen in artikelvorm worden gepubliceerd (inclusief vegetatietabellen), maar een aantal conclusies kunnen hier al gepresenteerd worden. Het onderzoek richtte zich op negen hellingmoerasjes, die vanwege hun bijzondere betekenis én hun grote miskendheid tot dusverre, hieronder kort worden voorgesteld (Par. 4.2.3.1). De aandacht ging speciaal uit naar de plaats die wordt ingenomen door *Cyperaceae* en *Juncaceae*, biesachtige planten die bij uitstek karakteristiek zijn voor open moerassen. Ook hieraan zal in een afzonderlijke paragraaf ruimte worden geboden (Par. 4.2.3.2).

In drie van de negen terreinen werd kalkmoeras *sensu stricto* aangetroffen, behorend tot het Knopbies-verbond (*Caricion davallianae*) uit de Klasse der kleine zeggen (*Parvocaricetea*). In elk daarvan nam de vegetatie hooguit enige tientallen vierkante meters in beslag, maar dit zijn wel de parels van de Zuid-Limburgse beekdalbegroeiingen. Tot dusver zijn deze kalkmoerassen van Zuid-Limburg niet op associatieniveau geïdentificeerd. De internationale betekenis van dergelijke begroeiingen, die in de Habitatrichtlijn is vastgelegd (Janssen & Schaminée 2003), maakt plantensociologische classificatie evenwel urgent. Mede met het oog daarop worden Zuid-Limburgse moerasopnamen met soorten van het *Caricion davallianae* vergeleken met buitenlandse gegevens.

Doordat het water op hellingen niet over grote oppervlakten stagneert maar hoogstens lokaal wordt vertraagd bij het afstromen, is de moerasvegetatie sterk vervlochten met naburige begroeiingen van minder nat milieu. Een belangrijke contactgemeenschap wordt daarbij ingenomen door de natte graslanden, die in een

volgende paragraaf afzonderlijk aan bod komen, maar in deze beschouwing over de hellingmoerassen niet genegeerd kunnen worden. Drainage heeft in veel gevallen de ontwikkeling naar nat grasland ook bevorderd ten koste van moerasvegetatie.

De onderzochte hellingmoerassen

De **Peschbeemden** bij Kerkrade liggen in de rechter dalflank van de Bleijerheiderbeek, die tot het stroomgebied van de Worm behoort. De helling is zuidwestwaarts geëxponeerd en herbergt een van de laatste hellingveentjes van Zuid-Limburg (Hermans et al. 1983). Net als in Cottessen grenst het moeras op de bovenhelling aan vrij droog grasland lager op de helling, terwijl een rechtstreeks contact tussen hellingmoeras en dalvloer ontbreekt. De venige afzettingen rusten op grind en löss. Een daaronder liggend kleipakket fungeert als waterkerende laag en is verantwoordelijk is voor het uittreden van water dat het moeras voedt. In het grasland dat aan de onderzijde bij het moeras aansluit, wordt deze kleilaag aangesneden. Hoewel de helling uit kalkarme afzettingen bestaat, is het uittredende water ionenrijk. Als gevolg van wegaanleg en uitbreiding van de bebouwing heeft het terrein te lijden van verdroging; tevens verplaatsen de uittreepunten van kwel zich af en toe (mededeling P.L.L. Thomas). Ook ligt een perceeltje aan de noordzijde – het voormalige ‘heitje’ – zozeer tussen bos ingeklemd dat het nauwelijks afdoend te vrijwaren is van oprukkende houtgewassen. In en om het hellingveentje staan op een kleine oppervlakte planten en vegetatietypen met zeer uiteenlopende standplaatsvoorkeuren bijeen. Het aantal soorten van blauwgraslanden en heischrale graslanden is voor Zuid-Limburgse begrippen verrassend hoog; in dit opzicht worden de Peschbeemden alleen door de Kathager Beemden voorbijgestreefd. Verder gedijen er ondanks de ligging op het zuidwesten in de volle zon diverse bosplanten, waaronder de zeer vochtbehoevende Boswederik.

Verder noordwaarts in hetzelfde stroomgebied ligt een zeer klein maar bloemrijk en gevarieerd restant nat grasland bij **Ehrenstein**, in de dalflank van de Ansel (tegenwoordig stuwmeer Cranenweyer) onderlangs het Kaffebergbos. In 1940 maakte V. Westhoff in deze omgeving twee opnamen op een westhelling, waarvan de ene – 100 m² groot – door Veldrus (*Juncus acutiflorus*) werd gedomineerd en vrij soortenarm was. Hieraan grensde een soortenrijkere, blauwgraslandachtige vegetatie met op 10 m² onder meer Blauwe knoop (*Succisa pratensis*), Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*), Moerasstruisgras (*Agrostis canina*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*), Blonde zegge (*Carex hostiana*), Zeegroene zegge (*Carex flacca*), Stekelbrem (*Genista anglica*), Gewone vleugeltjesbloem (*Polygala vulgaris*), Ruw walstro (*Galium uliginosum*), Waternavel (*Hydrocotyle vulgaris*) en Moerasviooltje (*Viola palustris*). Een voor Zuid-Limburg uitzonderlijk ensemble! Tegenwoordig zijn van de opgesomde schraalland- en moerasplanten alleen Blauwe knoop, Moerasviooltje en Veldrus terug te vinden, maar de kleine open enclave toont nog wel een fraaie gradiënt van hellinggrasland met veel Veldrus en Wilde bertram (*Achillea ptarmica*) naar drassige plekken langs een beekje, waar de Veldrus gezelschap krijgt van *Calthion*-soorten als Gewone dotterbloem (*Caltha palustris*) en Moerasstreepzaad (*Crepis paludosa*). Evenals in het vorige terrein en andere natuurgebieden in de gemeente Kerkrade neemt de stichting Instandhouding Kleine Landschapselementen het maaibeheer voor haar rekening.

Het hellingmoeras te **Cottessen** (Limburgs Landschap; Natura 2000-gebied ‘Geulda’) ligt op een zuidhelling die de rechter dalflank vormt van de Cottesserbeek, een rechter zijbeek van de Geul. De beek zelf heeft vrij kalkrijk water; het water dat in de helling uittreedt, is echter afkomstig uit lokale, ondiepe grondwatersystemen en is kalk- en voedselarm. De bodem van de helling is een mozaïek van lemige tot kleiige, vrij voedsel- en basenrijke, deels verspoelde afzettingen, vooral glauconietklei (met veel vuurstenen) en löss (Damstra & Huiskes 1996). Deze dalwand met zijn afwisseling van moeras, nat tot droog grasland, struikgroepjes, stroompjes en bronbos wedijvert met de Kathager Beemden in kleinschalige ruimtelijke verscheidenheid. Het terrein staat bekend als refugium voor kwetsbare organismen van halfnatuurlijke

landschappen, zoals de Grauwe klauwier (*Lanius collurio*) en Spits havikskruid (*Hieracium lactucella*). Ook bevindt zich hier de laatste Zuid-Limburgse populatie van de Breedbladige orchis (*Dactylorhiza majalis* subsp. *majalis*) van enige omvang. Een andere bijzonderheid is een zeldzame ondersoort van het Moerasvergeet-mij-nietje, *Myosotis scorpioides* subsp. *nemorosa* (Berg & Kaastra 1973), een plant van natte beemden, die in Nederland momenteel alleen bekend is van een drietal, hoer alle besproken hellingmoerassen.

Tot voor kort werd de gehele helling door runderen begraasd. Omdat dit vertrapping en eutrofiëring van de moerassige delen met zich meebracht (Damstra & Huiskes 1996), is het desbetreffende perceel ingerasterd. Jammer genoeg werd daarbij ook de aangrenzende, drogere benedenhelling aan de beweiding onttrokken. Een van de interessantste en soortenrijkste stukken van de contactzone tussen moerassig en droger terrein heeft zijn speciale karakter juist aan de grazers te danken. Dit betreft een smalle en tamelijk steile strook tussen twee struikgroepen met Eenstijlige meidoorn (*Crataegus monogyna*). In regenrijke perioden stroomt water over deze strook af. Trapgaten verraden haar functie voor het vee als corridor tussen boven- en benedenhelling; tevens is nogal wat mierenactiviteit te bespeuren.

Het **Ravensbos** (Staatsbosbeheer; Natura 2000-gebied 'Geuldal') ligt op een noordwesthelling die de linker dalflank vormt van de Strabeek, een rechter zijbeek van de Geul. Temidden van het hellingbos ligt een open plek met deels zeer kalkrijke bronnen, de zogenaamde Carex-weide. Deze werd reeds een halve eeuw geleden door Kuiper (1956) beschreven, toen nog maar 25 m² aan open terrein overgebleven was. Hoewel daarna een maaibeheer werd ingesteld, kon het dichtgroeien van het terrein daarmee niet afdoende worden tegengegaan (Van Westreenen 1991). In de jaren negentig van de vorige eeuw is een oppervlakte van ongeveer 0,5 ha opnieuw opengekapt (Hommel & Westhoff 2000; Hommel & Van Dort 2000; Hommel 2004). Deze bronhelling is sindsdien door het maaien boomvrij gebleven, maar wordt aan alle zijden door bos omringd. Een groot deel van de grenszone wordt beheerst door Adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*), die op veel plaatsen de Carex-weide binnendringt. Samen met andere hoog opschietende planten helpt deze varen een bosklimaat in stand te houden, een overeenkomst met de Kathager Beemden. Beide terreinen herbergen vrijwel dezelfde reeks van bosplanten die hier buiten het bos gedijen. Een verschil tussen beide terreinen is dat de Carex-weide niet met de dalvloer in contact staat, in tegenstelling tot het hooi- en weiland in de Kathager Beemden. Een ander verschil betreft het beperkte sortiment aan graslandplanten in de Carex-weide. Zo laten Lidrus (*Equisetum palustre*) en Echte koekoeksbloem (*Silene flos-cuculi*), die in alle of de meeste andere hellingmoerasjes voorkomen, in de Carex-weide verstek gaan. Hun afwezigheid houdt vermoedelijk verband met de geïsoleerde ligging van het open terreintje en met het langdurig ontbreken van agrarische invloed. Hierdoor staat de Carex-weide van de negen terreinen het dichtst bij een van nature open bronmoerasje, waar moeras-, bos- en ruigteplanten samen voorkomen in een vegetatie die ondanks de jaarlijkse maaibeurt nauwelijks het karakter van grasland heeft aangenomen.

Het hellingveen in de **Kathager Beemden** (Natuurmonumenten; Natura 2000-gebied 'Geleenbeekdal') heeft kalkrijke bronnen en een ligging op het noordwesten gemeen met de Carex-weide in het Ravensbos, evenals tal van bijzondere vaatplanten en mossen. Het behoort echter tot een ander stroomgebied: het ligt in de rechter dalflank van de Geleenbeek. Zowel wat de totale soortenlijst als wat het aantal zeldzame en bedreigde soorten betreft, staan de Kathager Beemden bovenaan onder de Zuid-Limburgse hellingmoerassen. Voor historische gegevens over de bijzondere flora wordt verwezen naar Weeda & Keulen (2007), voor een vegetatiebeschrijving naar Weeda (2007). Hier volstaan we slechts met het noemen van enkele soorten: Gele zegge (*Carex flava*), Schubzegge (*Carex lepidocarpa*), en Kleine valeriaan (*Valeriana dioica*). Onlangs werd hier ook Veenzegge (*Carex davalliana*) ontdekt, de naamgever van het Knopbies-verbond (*Caricion davalliana*), die nooit eerder in Nederland was waargenomen (Weeda et al. 2006).

Stroomopwaarts langs de Geleenbeek ligt in de rechter dalflank bij **Weustenrade** (Natura 2000-gebied 'Geleenbeekdal') een kalkmoerasje, dat omstreeks 1992 is ontstaan door uitgraving en afgraven van de voedselrijke bouwvoor. Hierbij werd de voedselrijke bovengrond verwijderd, waarna het uittredende water in de helling stroompjes vormde. Dit nieuw gevormde brongebiedje maakt deel uit van een natuurontwikkelingsgebied van het Waterschap Roer en Overmaas, dat voor het grootste deel wordt begraasd. Het kalkmoerasje wordt door een raster buiten de begrazing gehouden; het beheer beperkt zich hier tot het uittrekken van opslag van houtgewassen (mededeling H.J.M. van Buggenum). Hierdoor en door zijn zuidwaartse expositie ligt het kalkbrongebied in de volle zon. Toch is het ontbreken van bosplanten veeleer aan de geringe ouderdom van het terrein in zijn huidige vorm toe te schrijven: in 'oudere' terreinen, zoals de Peschbeemden, staan wel bosplanten op zonnige hellingen. Tot de aspectbepalende soorten in het kalkmoeras behoren Moeraszegge (*Carex acutiformis*) en Reuzenpaardestaart, die vermoedelijk met hun ver kruipende wortelstokken vanuit de randen het afgegraven terreindeel zijn binnengedrongen. Opmerkelijke aanwinsten zijn Groot staartjesmos (*Philonotis calcarea*; nieuw voor Zuid-Limburg), Schubzegge (derde recente vindplaats) en Rietorchis (*Dactylorhiza majalis* subsp. *praetermissa*), de laatste met slechts één plant. Een langwerpige, eveneens gegraven poel ten westen van het kalkmoerasje wordt omzoomd door forse moerasplanten, terwijl de droogvallende oeverstrook een pioniervegetatie met veel Bruin cypergras (*Cyperus fuscus*) te zien geeft. Ten zuidoosten van het kalkmoerasje ligt een beweide helling, waarvan de voet een omvangrijke ruigte draagt, die deels door Bosbies (*Scirpus sylvaticus*) maar voor een groot deel door Moeraszegge Reuzenpaardestaart en wordt beheerst.

De **Hellebroeker Beemden** (Natura 2000-gebied 'Geleenbeekdal') liggen in een zijdal van het Geleenbeekdal, vrijwel tegen de bebouwde kom van Nuth. Temidden van bebossingen worden twee percelen opgehouden door maaibeheer, dat aan de stichting Instandhouding Kleine Landschapselementen is toevertrouwd. Het westelijke, laagst gelegen perceel wordt beheerst door Filipendula ulmaria in combinatie met Moeraszegge en Reuzenpaardestaart. Door zijdelingse beschaduwing en bladval is de vegetatie ondanks het maaien veeleer als ruigte dan als grasland te bestempelen. Soortenrijker is het oostelijke, hogerop gelegen perceel, dat in gebruik was als weiland met fruitbomen voordat in maaibeheer kwam. Nog steeds vertoont de begroeiing pionierkenmerken, zoals de dominantie van Lidrus en het frequent voorkomen van Penningkruid (*Lysimachia nummularia*), Ridderzuring (*Rumex conglomeratus*), Rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*), Ruige zegge (*Carex hirta*), Valse voszegge (*Carex otrubae*), enige russen en eenjarige wikke-soorten. Ook het feit dat Moerasstreekzaad zich nog niet vanuit het aangrenzende bos in het hooiland heeft gevestigd, wijst op een vroeg ontwikkelingsstadium. Opvallend is voorts dat sommige soorten, waaronder Slanke sleutelbloem, Kantig hertshooi (*Hypericum dubium* subsp. *obtusiusculum*), Veldrus en Veldlathyrus (*Lathyrus pratensis*), tot dusver slechts heel lokaal in het grasland voorkomen. Opmerkelijk genoeg staat de Gevlekte orchis (*Dactylorhiza maculata*) wel verspreid door het grootste deel van het perceel. Een andere bijzonderheid is de eerder genoemde *Myosotis scorpioides* subsp. *nemorosa*. Vergroting van de aaneengesloten oppervlakte open terrein is gewenst.

In de **Hulsberger Beemden** bij Niethuyzen onder Wijnandsrade resteert een klein stukje open moeras in een 'zadel' in de linker dalflank van de Hulsbergerbeek, een zijbeek van de Geleenbeek. De meeste soorten die hier voorkomen, worden ook vermeld in een opname van de leverbot-onderzoeker Over uit 1967, die naar alle waarschijnlijkheid in hetzelfde terreintje zijn gemaakt. Volgens Over werd het nooit begraasd en droeg het een begroeiing die het midden hield tussen een Dotterbloem-hooiland (*Calthion palustris*) en een Moeraspirea-ruigte (*Filipendulion*-). Naburige percelen, die vooral aan de rand soms door vee werden bezocht, onderscheidden zich door Reuzenpaardestaart, Kantig hertshooi, Witte munt (*Mentha suaveolens*), Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*), Ruige zegge en Heelblaadjes (*Pulicaria dysenterica*), de laatste twee co-dominant. Deze begroeiing is thans verdwenen, vermoedelijk door ophoging van het terrein. Het huidige restant is net aan bearding ontsnapt, maar door het staken van het maaibeheer hoopt zich strooisel op, wat tot uiting komt in

het talrijk optreden van Kleine veldkers (*Cardamine hirsuta*) en het vrijwel ontbreken van een moslaag. Daarnaast verdroogt het terrein, omdat de beekbedding door erosie veel dieper is komen te liggen en als gevolg daarvan het beekdal veel beter draineerd. Ondanks deze verruiging herbergt het terreintje nog steeds een reeks van kenmerkende soorten van natte beemden. Hoewel het aan beekbegeleidend loofbos grenst, worden de bosplanten alleen vertegenwoordigd door Speenkruid (*Ficaria verna*); de door Over vermelde Slanke sleutelbloem werd niet teruggevonden. Van Brede orchis, die hier tegen het eind van de 20e eeuw bij honderden voorkwam (mededeling S.M.A. Keulen), werden in 2007 nog maar vijf planten aangetroffen. Uitbreiding van het open terrein en hernieuwd maaibeheer zijn dringend noodzakelijk om te voorkomen dat deze en andere beemdplanten (waaronder de zeldzame *Myosotis scorpioides* subsp. *nemorosa*) uit de Hulsberger Beemden verdwijnen. Vermoedelijk bij gebrek aan recente gegevens is het terreintje net buiten de begrenzing van het Natura 2000-gebied 'Geleenbeekdal' gelaten. Wegens de urgentie van herstel van de waterhuishouding en herstelbeheer dient deze ommissie met spoed te worden goedge maakt.

Van de open moerassen in de Maasdalhelling tussen Bunde en Elsloo, die ooit kostbaarheden als Breed wollegras (*Eriophorum latifolium*), Vlozegge (*Carex pulicaris*) en Gele zegge herbergden, resteert slechts een perceeltje nat grasland op de grens van het kasteelpark bij Terhagen en het Elsoërbos (Natura 2000-gebied 'Bunder- en Elsoërbos'). Terwijl verder zuidwaarts Moeraszegge op de voorgrond treedt in de – inmiddels beboste – hellingmoerassen, wordt haar plaats hier ingenomen door Scherpe zegge. Qua begroeiing verschilt dit terrein vrij sterk van de overige en sluit het aan bij nabijgelegen graslanden in de dalvloer, zoals de door Gorissen et al. (1983) beschreven, verder zuidwaarts liggende 'Herfsttijlooswei'. Het hellinggrasland bij Terhagen wordt 's zomers gemaaid, ruim voordat de ook hier voorkomende Herfsttijloos (*Colchicum autumnale*) in bloei komt. Een bijzonderheid is de aanwezigheid van een grote plek Adderwortel (*Persicaria bistorta*), een soort die als graslandbewoner in Zuid-Limburg nu grotendeels tot het zuidelijk Geuldal beperkt is. Net als in Cottessen en de Peschbeemden wordt het natte hooiland bij Terhagen aan de onderzijde begrensd door droger grasland, maar een overgangszone tussen beide is hier niet duidelijk aanwezig.

Matvormers, polvormers en horstvormers

De structurele en indicatieve betekenis van de diverse *Cyperaceae* en *Juncaceae* binnen de vegetatie wordt in belangrijke mate bepaald door hun groei- en uitbreidingswijze. Net als de echte grassen (*Poaceae*) kunnen ze worden verdeeld in matvormers en polvormers, waarbij de eerste groep gemiddeld meer kenmerken van 'K-strategie' en de tweede groep meer kenmerken van 'r-strategie' vertoont (Schmid 1980). Anders gezegd: matvormers horen meer bij duurzame begroeiingen, polvormers bij (al of niet permanente) pioniermilieus. Matvormers maken ver kruipende wortelstokken, waaraan op afstand van elkaar rechtopstaande halmen (of bundels van een beperkt aantal halmen) ontspringen. Bij polvormers blijven de wortelstokken kort tot zeer kort en lijken alle halmen aan één centraal punt te ontspringen. Matvormers kunnen na eenmalige vestiging aanzienlijke oppervlakten veroveren. Voor zover hun wortelstokken een lange levensduur hebben, kunnen ze ook zijwaarts doordringen in terrein dat op zichzelf niet aan hun vestigingsvoorwaarden voldoet, doordat het te droog, te nat of reeds begroeid is. Aldus verhullen ze voor het oog de overgangen tussen nattere en drogere terreindelen. Polvormers blijven gebonden aan de plek waar ze zich eenmaal hebben gevestigd. Gemiddeld zullen ze een kortere levensduur hebben dan matvormers, doordat de ruimte om nieuwe spruiten te vormen beperkter is. Zowel in de ruimte als in de tijd zijn polvormers dan ook betrouwbaarder indicatoren van de actuele toestand van een bepaalde plek. Dat betekent niet zonder meer dat ze plantensociologisch betrouwbaarder zijn dan matvormers. Veel zeggen en russen zijn ondergronds – in de vorm van een zaadbank – bestendig aanwezig dan boven het maaiveld. Na forse beheersingrepen zoals kappen of afplaggen beheersen polvormers vaak de pioniervegetatie, waarna hun aandeel weer afneemt. Terwijl de omringende vegetatie zich stabiliseert en een of meer matvormers structuurbepalend worden,

kunnen polvormers af en toe vanuit het 'geheugen' in de bodem verschijnen. Dit kan in uiteenlopende vegetatietypen gebeuren, afhankelijk van het beheer en de aanwezigheid van planten met een groter ruimtebeslag (matvormers of houtgewassen). Eén groep van polvormers verdient afzonderlijk te worden onderscheiden: de horstvormers, met als meest uitgesproken voorbeeld Pluimzegge (*Carex paniculata*). Met hun verticale expansiemogelijkheid kunnen ze wel een hoge ouderdom bereiken en veranderingen in de omringende vegetatie trotseren, eigenschappen die bij een K-strategie behoren.

Voor mat- en horstvormers worden in hun voorkomen sterk beïnvloed door beheersmaatregelen zoals maaien en beweiding. Matvormers hebben de neiging de begroeiing te domineren en andere planten terug te dringen of uit te sluiten. Door een maai- of graasbeheer worden ze tot een bescheidener aandeel in de vegetatie geroept: in plaats van een overheersende krijgen ze een dragende rol, ze bieden het stramien waarbinnen andere planten hun plaats vinden. Horstvormers worden door maaien eveneens teruggedrongen, doordat hun verticale aanwas wordt verwijderd. Tegelijk kan echter vegetatieve vermeerdering optreden: doordat het centrum van een onthoofde horst alleen dood materiaal bevat, ontstaat een soort heksenkring van scheuten, die vervolgens in een aantal polletjes uiteen kan vallen. Ook bij soorten die wel pollen maar geen horsten vormen, kan een dergelijke vermeerdering door maaibeheer plaatsvinden, zoals bij Veenzegge (Weeda et al. 2006). Vermoedelijk wordt de levensduur van de meeste polvormers door maaibeheer verlengd, aangezien verwijdering van oude halmen ruimte schept voor de ontwikkeling van een volgende lichting. Beweiding brengt behalve verwijdering van biomassa ook tred met zich mee. Hoe compacter de pollen of hoe taaier de wortelstokken, des te minder hebben de planten hiervan te lijden. Ook in rijsporen van maaimachines verhogen compactheid en taaigheid de overlevingskansen.

In het artikel van Weeda dat naar aanleiding van het onderzoek aan de hellingmoerassen in Zuid-Limburg zal verschijnen, zal uitvoerig op de verschillende matvormers, polvormers en horstvormers worden ingegaan. Hier volstaan we met een beschrijving van de meest prominente matvormers onder hen, te weten Veldrus, Moeraszegge en Bosbies, waarna we nog kort ingaan op enkele polvormers in kalkmoerassen. Bij de bespreking van deze soorten komt ook de syntaxonomie ter sprake van de vegetatietypen waarin deze planten op de voorgrond treden

Veldrus

Veldrus (*Juncus acutiflorus*) is een indicator van bewegend grondwater en dus van overgangszones tussen hoger en lager terrein. Hoewel deze rus in Zuid-Limburg ook hier en daar in de dalvloer voorkomt, zoals langs de Mechelderbeek (Vermeulen 1976; Schaminée & Bongers 1991) en langs de Geul bij Epen, is hij in de eerste plaats een bewoner van open hellingmoerassen. In weerwil van vroegere benamingen (*Juncus sylvaticus*, Bosrus) mijdt hij schaduw, net als trouwens de meeste russen. Waar hij voorkomt, is hij doorgaans talrijk en mede aspectbepalend. Behalve in het eigenlijke moeras staat hij in twee terreinen (Cottessen en Peschbeemden) ook op lager gelegen delen van de helling, waar de vochttoestand een wisselvalliger karakter heeft en afhankelijk is van oppervlakkig of althans ondiep afstromend water. Op de meeste Zuid-Limburgse locaties wordt de Veldrusvegetatie – net als elders in Nederland – door maaibeheer in stand gehouden; bij Cottessen handhaaft zij echter ook in beweid terrein.

Binnen Europa heeft Veldrus een overwegend westelijke verspreiding. Van west naar oost toont hij zich in toenemende mate kalkmijdend. Midden-Europese auteurs brengen deze soort in de regel met kalkarme standplaatsen in verband, terwijl als pendant in kalkrijk milieu Paddenrus (*Juncus subnodulosus*) optreedt (o.a. Ellenberg 1978). Op de Britse eilanden en in de Eifel komt Veldrus daarentegen, behalve op kalkarme grond, ook in kalkmoerassen voor (o.a. Wheeler 1980; Schumacher 1977). Evenzo dringt hij in Zuid-Limburg in het Ravensbos (Hommel 2004) en de Kathager Beemden (Weeda 2007) door tot in de kalkbronvegetatie, een milieu waar men veeleer de zojuist genoemde Paddenrus zou verwachten. Laatstgenoemde werd door Kuiper (1956) voor de Carex-weide in het Ravensbos vermeld, welke opgave is overgenomen door Van der Meijden et al. (1989). Ook Hommel & Westhoff (2000) en Hommel & Van Dort (2000) vermeldden deze rus in opnamen uit de Carex-weide.

Hoogstwaarschijnlijk berusten deze meldingen echter op verwarring met Veldrus. Uit Zuid-Limburg zijn geen verifieerbare meldingen bekend van Veldrus, die zich binnen Nederland grotendeels tot de westelijke helft van het land beperkt. Terwijl Veldrus in Midden-Europa als kensoort van een *Calthion*-associatie wordt beschouwd – ook door recente auteurs – komt deze rus in Nederland in een te breed spectrum van plantengemeenschappen voor om als associatiekensoort te kunnen gelden (Jalink 1987; Zuidhoff et al. 1996; Weeda 2007). Blijkbaar versmalt ook zijn plantensociologische amplitudo zich van west naar oost. In Zuid-Limburg zijn de Veldrusbegroeiingen de soortenrijkste van de moerashellingen. In en bij de hellingmoerassen worden in totaal vier typen Veldrusvegetatie aangetroffen. Ze zijn als volgt te onderscheiden: (1) met planten van voedselrijk milieu, (2) met schraallandplanten en planten van zowel droog als nat grasland, (3) met schraallandplanten, mosrijk, en met veel moerasplanten en planten van rijke bossen, en (4) met schraallandplanten, mosrijk, en met veel kalkmoerasplanten. Het type met planten van voedselrijk milieu rijk aan komt het meest overeen met het *Crepidio-Juncetum acutiflori* in de zin der Midden-Europese auteurs (Buckart et al. 2004; Hájková et al. 2007). In de andere drie typen houden vertegenwoordigers van het *Calthion palustris* en het *Junco-Molinion* elkaar min of meer in evenwicht. Soorten als Gevlekte orchis, Blauwe knoop (*Succisa pratensis*), Tormentil (*Potentilla erecta*) en Pijpenstrootje wijzen op verwantschap met de Veldrusschraallanden langs laaglandbeken in Oost- en Zuid-Nederland (Jalink 1987; Zuidhoff et al. 1996; Weeda 2007). De Zuid-Limburgse vegetatietypen zijn echter complexer van samenstelling en vertonen alle drie het karakter van een mengvegetatie. Soorten die elders contrasterende standplaatskeuzen laten zien, groeien hier zij aan zij: kalkminnaars en kalkmijders, bosplanten en planten met grote lichtbehoefte, en planten van nat en van droog milieu. Ze illustreren dat een begroeiing niet eenvoudig classificeerbaar hoeft te zijn om een grote waarde te vertegenwoordigen.

Moeraszegge

Moeraszegge (*Carex acutiformis*) is een ruigtevormende moerasplant met een brede amplitudo voor zover het de zuurgraad en de voedselrijkdom van het water betreft. In het Heuvelland behoort zij tot de meest voorkomende moerasplanten, zowel in de dalvloer als in hellingmoerassen. Volgens de kaart van Blink (1997) vertoont de verspreiding van Moeraszegge binnen Zuid-Limburg alleen duidelijke onderbrekingen op de plateaus, zoals bij Margraten. Ook in noordelijker delen van de provincie treedt zij op geschikte plekken sterk op de voorgrond. Sommige groeiplaatsen hebben een hellend maaiveld, maar vaker staat Moeraszegge in lintvormige laagten in een zadel in de helling of aan de hellingvoet. Zulke laagten worden gevoed door bron- of kwelwater, vaak met een hoog ijzer- dan wel kalkgehalte. Het water stagneert niet maar wordt wel vertraagd afgevoerd via geultjes of door oppervlakkige afstroming over het maaiveld. Van nature is deze standplaats min of meer 'bosvijandig'. Moeraszegge groeit tegenwoordig wel vooral in bosgebieden, maar op de plekken waar zij domineert, vertoont het kronendak vaak een opening of althans een lichte plek. Zelfs na lichte ontwatering heeft aanplanting van bomen maar matig succes, zoals onder meer te zien in een hellingveentje in het Bunderbos. Hoewel Moeraszegge bij lichte of periodieke verdroging goed standhoudt (Westhoff in Kern & Reichgelt 1954), breidt zij zich niet zijwaarts van nat naar droger terrein uit, een verschil met de verwante Oeverzegge (*Carex riparia*). Op plaatsen waar het water het maaiveld niet (meer) bereikt en die niet gemaaid of begraasd worden, stapelt het grove bladstrooisel van Moeraszegge zich op. Daarbij worden de meeste andere planten verstikt of sterk teruggedrongen, ondanks de tamelijk ruime stand van de zeggehalmen, die op zichzelf zelden meer dan de helft van het oppervlak bedekken. Door jaarlijks maaien wordt Moeraszegge sterk teruggedrongen, ook als de maaibeurt pas in de herfst plaatsvindt. Zo komt zij in het moerassige deel van het hooiland in de Kathager Beemden wijd verspreid voor, maar haalt er nergens de 5 % bedekking. Dit staat in scherp contrast met aangrenzende bosranden en het daarbij aansluitende broekbos, waar zij plaatselijk het aspect bepaalt. Ook tegen beweiding blijkt de plant beter bestand dan tegen maaien: in het aanpalende weilandje, waar afwisselend schapen en paarden grazen, treedt zij met 5-20 % bedekking op. Soms wordt zij door beweiding zelfs bevoordeeld. Zo domineert zij in Weustenrade

tientallen vierkante meters van de hellingvoet in het weiland beoosten het kalkmoerasje. Stellig heeft bemesting bijgedragen tot de grote vitaliteit van Moeraszegge en haar buurman Bosbies, die elk een stuk van de hellingvoet hebben veroverd. De ruigte van deze *Cyperaceae* wordt gemeden door het in het perceel grazende vee, dat kennelijk in de rest van het weiland genoeg malser voedsel vindt. Moeraszegge is in drie vegetatietypen binnen de hellingmoerassen prominent aanwezig. Ze zijn als volgt te onderscheiden: (1) hoge kruidlaag gesloten met veel planten van stikstofrijke ruigten, (2) kruidlaag niet gesloten en tweelagig, met in de bodemlaag veel Fioringras (*Poa trivialis*) en Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*), en (3) open kruidlaag met veel polvormende russen en een hoge bedekking van de moslaag, gedomineerd door Gewoon puntmos (*Calliergonella cuspidata*). Het aandeel van Moeraszegge wordt slechts ten dele bepaald door het beheer. Ruigtevorming is toe te schrijven aan verwaarlozing, maar extensief beheer of niets doen hoeft niet – althans niet op korte termijn – tot het ontstaan van soortenarme ruigten te leiden. In weerwil van het ontbreken van maai- of graasbeheer blijft de bedekking van Moeraszegge op bepaalde plekken aan de lage kant. Vermoedelijk is de combinatie van kalkrijkdom en humusarmoede beperkend voor haar groei. De begroeiingen zijn deels te classificeren als rompgemeenschappen van de graslanden van de *Molinietales* en deels als derivaatgemeenschappen van de natte strooiselruigten van de *Convolvulo-Filipenduletea*. Ook in de hierna te bespreken natte graslanden van het *Angelico-Cirsietum oleracei* komt Moeraszegge veel voor, maar de soort bereikt hier doorgaans toch geringe bedekking (< 20 %; zie Zuidhoff et al. 1996).

Bosbies

Evenals tal van andere *Cyperaceae* is Bosbies (*Scirpus sylvaticus*) een ruigtevormende moerasplant, die door maaien wordt teruggedrongen (Zuidhoff et al. 1996). Ecologisch lijkt hij sterk op Moeraszegge, maar hij komt in Nederland minder in bossen voor (in weerwil van zijn naam) en stelt nauwer omschreven eisen aan zijn standplaats. Volgens Ellenberg (1978) heeft hij zijn zwaartepunt op weliswaar voedselrijke maar (matig) zure, kalkarme grond. Ook in het Ravensbos en de Kathager Beemden mijdt de Bosbies de kalkrijkste delen van het terrein, in tegenstelling tot Veldrus en diverse matvormende zeggen. Binnen de onderzochte terreinen vertoont Bosbies een sterk gelokaliseerd voorkomen, in tegenstelling tot Veldrus en Moeraszegge. Hij is bij uitstek kenmerkend voor plekken met opwellend water en vormt daar vaak 'een scherp begrensde strook' (Westhoff in Reichgelt 1956). Terwijl hij weinig of niet in de bronbeekjes groeit, bepaalt hij het aspect in ondiepe slenken met langzame waterverplaatsing. Ook kan hij op de voorgrond treden op de voet van hellingen, soms op plekken die aan de oppervlakte niet uitgesproken nat zijn. In het laatste geval kan worden aangenomen dat de groeiplaats hetzij aan verdroging onderhevig, hetzij met een laagje afgeschoven of opgeworpen aarde bedekt is. Anders dan Veldrus breidt Bosbies niet zijwaarts vanuit nat terrein naar droger grasland uit. In verscheidene terreinen komt een Bosbiesruigte voor als contactgemeenschap van een Veldrusvegetatie. Hoewel Bosbies en Veldrus ook mengbegroeiingen kunnen vormen, is het algemene beeld dat de eerste op voedselrijkere plekken het aspect bepaalt dan de tweede. In het Ravensbos en de Peschbeemden grenst de Bosbiesruigte aan een bosrand, wat doet vermoeden dat de grotere voedselrijkdom mede voor rekening komt van inwaaierende boombladeren. Als ruigtevormer heeft Bosbies een minder verarmende invloed op de vegetatie dan Moeraszegge. Dit is toe te schrijven aan de ruimere stand van zijn halmen: de bedekking blijft onder de 50 % en meestal onder de 25 %. Hiermee doet onder meer Watermunt (*Mentha aquatica*) haar voordeel: zowel bij Weustenrade als in het Ravensbos bereikt zij hogere bedekkingswaarden dan de erboven uitstekende Bosbies. Het verschil met Moeraszegge is goed te zien aan de onderrand van een voedselrijke hellingweide bij Weustenrade, waar naast elkaar een Bosbiesruigte en een Moeraszeggeruigte voorkomen. Waar Moeraszegge de overhand krijgt, verdwijnt Watermunt abrupt uit het beeld. In de Bosbiesruigte vinden ook een paar forse graslandplanten, waaronder Gewone bereklauw (*Heracleum sphondylium*) en Gewoon

timoteegras (*Phleum pratense* subsp. *pratense*), bescherming tegen begrazing, zodat ze met verspreide exemplaren tot vruchtzetting kunnen komen.

De samenstelling van begroeiingen met Bosbies-aspect verschilt per locatie en is mede afhankelijk van het beheer. Slechts op twee plaatsen heeft zo'n begroeiing een graslandachtig karakter: in de zuidpunt van de Kathager Beemden en in een geultje in het hellinggrasland bij Terhagen. De eerste groeiplaats wordt bij beweide, de tweede midden in de zomer gemaaid. In terreinen waar de maaibeurt later in het jaar valt – de Carex-weide in het Ravensbos, de Peschbeemden en Cottessen – is veeleer sprake van een strooiselruigte. Nog sterker ruigtevormend is Bosbies op plekken die niet (meer) gemaaid of beweide worden, zoals bij Niethuizen en Weustenrade. Al met al zijn twee typen te onderscheiden: (1) soortenrijk (meestal > 25 soorten), met bosplanten en diverse mossoorten, en (2) soortenarm (< 25 soorten), en arm aan mossen. Gewoonlijk worden begroeiingen met veel Bosbies ondergebracht in de graslandklasse *Molinio-Arrhenatheretea* en wel in het *Calthion palustris*, hetzij als associatie *Scirpetum sylvatici* (o.a. Zuidhoff et al. 1996), hetzij als rompgemeenschap (o.a. Buckart et al. 2004). De gemiddelde samenstelling van de Bosbiesvegetatie in Zuid-Limburgse hellingmoerassen – en trouwens ook op tal van plaatsen in het Nederlandse laagland – staat echter dicht bij de *Convolvulo-Filipenduletea* dan bij de *Molinio-Arrhenatheretea*. De meeste opnamen zijn zonder problemen in het *Valeriano-Filipenduletum* onder te brengen, wat niet alleen aan de floristische samenstelling maar ook aan de vegetatiestructuur meer recht doet dan plaatsing in het *Calthion*.

Polvormers van kalkmoerassen

Van de polvormende zeggen die momenteel in Zuid-Limburg voorkomen, geldt een drietal als kenmerkend voor kalkmoerassen uit het *Caricion davallianae*: de onderling nauw verwante Schubzegge en Gele zegge en de onlangs ontdekte Veenzegge. In het eerste kwart van de 20e eeuw kwamen ook Breed wollegras en Vlozegge in het gebied voor; de eerste bereikte hier zelfs zijn hoogste vindplaatsdichtheid binnen Nederland. Beide hadden een zwaartepunt in de venen bij Schinveld en Brunssum; daarbuiten had de eerste een tiental vindplaatsen van Bunde tot Kerkrade, terwijl de tweede van vier plekken tussen Bunde en Heerlen bekend was. In 1960 werd Vlozegge voor het laatst verzameld bij Bunde. Omstreeks dezelfde tijd ging de laatste groeiplaats van Breed wollegras, aan de Muldersplas bij Thull, verloren door storting van mijnsliek (mededeling W. de Veen). Nu ook Parnassia, Moeraswespenorchis en Vleeskleurige orchis uit Zuid-Limburg verdwenen zijn, blijven Schubzegge, Gele zegge en Veenzegge over als enige specifiek kenmerkende vaatplanten van kalkmoerassen in dit gebied. Daarnaast wordt het *Caricion davallianae* in Zuid-Limburg vertegenwoordigd door een aantal mossoorten, waaronder Sterrengoudmos (*Campylium stellatum*), Groot veenvedermos (*Fissidens adianthoides*) en Veenknikmos (*Bryum pseudotriquetrum*). Behalve deze min of meer kieskeurige kensoorten kunnen ook meer alledaagse plantensoorten indicatief zijn voor kalkmoerassen. Onder de russen geldt dit voor de polvormer Zeegroene rus (*Juncus inflexus*), een kalkminnende plant die vooral op voedselrijke, natte en slecht doorluchte klei- en leemgronden groeit (Westhoff in Reichgelt 1964). In Zuid-Limburgse beekdalen komt zij algemeen voor langs sloten en poelen, zowel in de dalvloer als op de dalwanden, vaak in sterk bemeste omgeving. Zij blijkt echter ook in minder voedselrijk milieu te gedijen en wel als pionier in kalkrijke bronnen en moerassen. In dit opzicht is zij te vergelijken met Klein hoefblad (*Tussilago farfara*) en Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*): ook deze kunnen zowel in kalkmoerassen en brongebieden als in veel triviale milieus pionieren.

In drie Zuid-Limburgse hellingmoerassen liggen slenken waarin kalkrijk water opwelt, en juist hier vinden we begroeiingen van het *Caricion davallianae*. Twee van de drie terreinen staan sinds geruime tijd bekend als gemeenschappelijke groeiplaats van Schubzegge en Gele zegge: de Carex-weide in het Ravensbos en de Kathager Beemden. Het derde terrein is het kalkmoeras van Weustenrade, dat pas in 1992 is uitgegraven. In het kalkmoeras bij Weustenrade hebben zich bronbeekjes gevormd, waarin Gewoon kranblad (*Chara vulgaris*) en Kleine watereppe (*Berula erecta*) groeien. Direct langs deze stroompjes bepalen Gewoon diknerfmos, Veenknikmos en Zomprus (*Juncus articulatus*) het aspect. Iets hogerop handhaven deze soorten zich in kleinere hoeveelheden in een begroeiing waarin Gewoon puntmos de overhand heeft. Zij krijgen

hier gezelschap van onder meer Zeegroene rus, terwijl zich lokaal Groot veenvedermos en Schubzegge hebben genesteld. De voornaamste matvormers zijn Moeraszegge, Lidrus, Zeegroene zegge en Tweerijige zegge (*Carex disticha*), maar geen van deze soorten komt in het kalkmoeras tot dominantie.

Bij de slenken in de Kathager Beemden gaat het deels om ondiepe terreindepressies, deels om lang geleden gegraven ontwateringsgreppels. De pioniers Gewoon diknerfmos, Veenknikmos en Zomprus komen verspreid en in beperkte hoeveelheid voor. In één hoek van het terrein groeien Schubzegge en Kleine valeriaan in de slenken, maar ook in de aangrenzende Veldrusvegetatie. De dominante mossoort in de desbetreffende slenken is Sterre-goudmos, de voornaamste matvormer Blauwe zegge (*Carex panicea*). In andere delen van het terrein heeft Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*) zich recent sterk uitgebreid, met Riet (*Phragmites australis*) als belangrijkste matvormer. Op sommige plekken spelen zeggen en Veldrus een rol in de *Palustriella*-vegetatie, op andere plekken met een *Palustriella*-dek zien we alleen een enkele scheut van Veldrus. Opmerkelijk genoeg werden Schubzegge en Veenzegge enerzijds en Geveerd diknerfmos anderzijds tot dusver niet samen aangetroffen, maar bij de laatste twee soorten houdt dit mogelijk verband met hun recente vestiging. Gele zegge daarentegen komt verspreid door het grootste deel van het perceel voor, niet alleen in Goudmos- en Diknerfmos-slenken maar ook in Veldrushooiland. Onder de mossen geldt iets dergelijks voor Groot veenvedermos: ook dit 'kalkmoerasmos' toont zich binnen de Kathager Beemden tamelijk weinig kieskeurig.

In de *Carex*-weide in het Ravensbos staat Gele zegge samen met Zeegroene zegge en bescheiden pollen Pluimzegge langs de kop van enige bronbeekjes. Slechts op één plek worden zij vergezeld door Schubzegge en Zeegroene rus. Van de kalkmoerasmossen zijn Groot veenvedermos en Sterre-goudmos aanwezig, al is laatstgenoemde erg schaars. Opvallend is dat de kruidlaag in de kalkmoerasvegetatie in het Ravensbos een hogere bedekking heeft dan de moslaag, behalve op de plek met Schubzegge. In de stukjes kalkmoeras bij Weustenrade en in de Kathager Beemden liggen de verhoudingen omgekeerd. Verder valt het grote aantal bosplanten in de stukjes kalkmoeras in het Ravensbos op; in de slenken in de Kathager Beemden zijn hun aantal en aandeel geringer en bij Weustenrade laten ze verstek gaan. Blijkbaar is het kalkmoeras in de *Carex*-weide, die zoals gezegd het dichtst bij een natuurlijk hellingmoeras staat, tevens het sterkst vervlochten met de overige vegetatie.

Het lag voor de hand bij de ontdekking van Veenzegge in de Kathager Beemden allereerst aan een '*Caricetum davallianae* in staat van wording' te danken (Weeda 2007). De vondst van Geveerd diknerfmos in hetzelfde terrein en de waarnemingen bij Weustenrade wijzen echter eerder in de richting van het *Carici flavae-Cratoneuretum filicini*, een vegetatietype van kalkrijke brongebieden met travetijnvorming, dat bijvoorbeeld wijdverbreid voorkomt in de Karpaten en in Slavische landen tot het *Caricion davallianae* wordt gerekend (Hájek 1998; Hájková & Hájek 2000; Hájek et al. 2005). Onder travetijn wordt verstaan: amorfe kalkafzettingen die worden gevormd wanneer zeer kalkrijk water uitreedt, doorgaans in het mosdek van een moerasvegetatie. Soortgelijke gemeenschappen komen ook verder noordwestwaarts in Midden-Europa voor, maar worden in Duitstalige landen traditioneel in de brongemeenschappen (*Montio-Cardaminetea*) ondergebracht op grond van het aandeel van mossen als Groot staartjesmos, Gewoon diknerfmos en vooral Geveerd diknerfmos (o.a. Zechmeister & Mucina 1994).

Gele zegge kwam tot dusver vooral terloops ter sprake. Volgens Schmid (1980) vertoont zij in vergelijking met de meest verwante zeggen nog de meeste kenmerken van een K- en de minste van een r-strategie. Zij blijkt beter met andere soorten te kunnen concurreren dan verwanten en houdt in de successie dan ook langer stand. In de Kathager Beemden dringt zij ver in de Veldrusvegetatie door. Zowel hier als in het Ravensbos komt zij over een aanzienlijk grotere oppervlakte voor dan Schubzegge, die zich strikt tot de kalkrijkste plekken beperkt. Niettemin is zij in Zuid-Limburg sterk achteruitgegaan: van de minstens acht locaties waar zij ooit gevonden is, zijn momenteel nog maar twee over (Van der Meijden & Holverda 2006). In syntaxonomisch opzicht is uit de weinige Nederlandse groeiplaatsen van Gele zegge geen overzichtelijk beeld te krijgen. Zo staat zij in de Langstraat in een overgang van *Junco-Molinion* naar *Caricion nigrae* en in een kleiput in de Bommelerwaard in een soort *Lychnido-*

Hypericetum tetrapteri, al komen op beide locaties in haar gezelschap ook kalkmoerasplanten voor (zoals Moeraswespenorchis). Voorlopig is haar plantensociologische positie slechts te omschrijven als 'kieskeurige moerasplant met affiniteit tot het *Caricion davallianae*'.

4.1.5 Natte en vochtige graslanden

Anders dan de hellingmoerassen hebben de natte graslanden in de dalvloer van de beekdalen wel de nodige aandacht gekregen, althans voor zover het de wat meer omvangrijke locaties betreft. Beschrijvingen zijn onder meer gepubliceerd van de Berversbergbeek (Damstra & Huiskes 1996), de Mechelderbeek (Vermeulen 1976; De Bakker 1991; Schaminée & Bongers 1991), de Noorbeemden (Schaminée 1996) en de Maasdalhooilanden bij Terhagen onder Elsloo (Gorissen et al. 1983), en ook plantensociologisch is hun positie goed uitgewerkt. Ze worden beschouwd als een zelfstandige associatie, het *Angelico-Cirsietum oleracej*, dat deel uitmaakt van het Dotterbloem-verbond (*Calthion palustris*). De Nederlandse naam van deze

gemeenschap is de Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge, waarmee tot uitdrukking wordt gebracht dat de Moeraszegge een belangrijkere soort in deze begroeiing is dan de Moesdistel (*Cirsium oleraceum*), waarnaar de wetenschappelijk naam verwijst. De Moesdistel komt in de beekdalen van Zuid-Limburg wel voor, zij het betrekkelijk zeldzaam, maar vormt geen wezenlijk onderdeel van deze graslanden (zie Par. 4.1.2). Het zwaartepunt van het 'Midden-Europese' *Angelico-Cirsietum* ligt in ons land duidelijk in het Heuvelland (Schaminée et al. 1996; Weeda et al. 2002). Verwant aan de begroeiingen van het *Angelico-Cirsietum* zijn vochtige graslanden van het Kamgras-verbond (*Cynosurion cristati*), die worden aangetroffen op vochtige tot natte delen in de dalvloer of aan de hellingvoet die anders dan de Dotterbloemhooilanden zo nu en dan kunnen uitdrogen. De gemeenschap kan hieruit ook ontstaan door beweiding in combinatie met bemesting en vaak ook lichte ontwatering. Plantensociologisch is deze gemeenschap beschreven onder de naam *Lolio-Cynosuretum lotetosum*. Differentiërende soorten van deze Kamgrasweide ten opzichte van het Dotterbloemhooiland zijn onder meer Kamgras (*Cynosurus cristatus*), Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*), Madeliefje (*Bellis perennis*), Engels raaigras (*Lolium perenne*), Witte klaver (*Trifolium repens*), Brunel (*Prunella vulgaris*) en Herfstleeuwetand (*Leontodon autumnalis*). Het dal van de Noorbeek is een van de plekken in het Heuvelland waar beide gemeenschappen in elkaars nabijheid (in verschillende percelen) voorkomen.

In het verleden is ook sprake geweest van vochtige hooilanden met Grote vossenstaart (*Alopecurus pratensis*) en overgangen daarvan naar Glanshaverhooilanden, zoals kan worden afgeleid uit waarnemingen van De Wever (archief De Wever). In de Maasdalgraslanden bij Elsoo en het dal van de Noorbeek zijn hiervan nog fragmenten aan te treffen.

De Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge is gebonden aan permanent natte, vochtige tot drassige, humusrijke tot venige gronden. Het meest komt de gemeenschap voor op zwak hellende dalbodems die onder invloed staan van kalkrijke kwel. De grootste oppervlakten van deze soortenrijke graslanden in het Heuvelland zijn te vinden in het Geuldal, met name langs de Geul zelf en in het dal van de Mechelderbeek, maar ook elders in Zuid-Limburg komt deze associatie voor. Weeda et al. (2002) vermelden het voorkomen in zeven atlasblokken. Kenmerkende soorten zijn onder meer Moeraszegge, Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), Echte koekoeksbloem, Moerasspirea (*Filipendula ulmaria*), Veldrus, Ruw beemdgras (*Poa trivialis*), Gewone engelwortel (*Angelica sylvestris*), Brede orchis, Adderwortel, Kale jonker (*Cirsium palustre*), Lidrus, Veldzuring (*Rumex acetosa*) en Moerasstrepzaad, waarvan diverse ook in vochtige loofbossen van het *Alno-Padion* voorkomen. Het optreden van bossoorten is sowieso een opvallend kenmerk van deze hooilandgemeenschap. Voorbeelden hiervan zijn Bosanemoon en Slanke sleutelbloem, soorten die ook in de hellingmoerassen kunnen optreden (zoals in de Kathager Beemden). Deze 'bosplanten', die al vroeg in het jaar tot ontwikkeling komen (wanneer de bomen nog kaal zijn), profiteren van de goede lichtcondities en de hoge luchtvochtigheid in het vroege voorjaar in de beekdalen. Het uittredend grondwater versterkt deze omstandigheden, terwijl tevens van belang is dat de gemeenschappen 'kaal' (dat wil zeggen laat in het

jaar gemaaid) de winter ingaan. Ook het macroklimaat speelt een rol. Niet voor niets komt de associatie in ons land juist in Zuid-Limburg en Drenthe voor, plaatsen die enige montane trekken vertonen en een relatief hoge jaarlijkse neerslag kennen.

4.2 Gewervelde dieren: vissen en amfibieën

Zoals in de Inleiding (Par. 1.2) al is aangegeven, richt de aandacht zich wat betreft de gewervelde dieren op twee groepen, te weten de vissen (zoetwatervissen) en de amfibieën. Beide groepen spelen ook een belangrijke rol binnen het Natura 2000-netwerk. In ons land staan maar liefst tien vissoorten op de Bijlage II van de Habitatrichtlijn, waarvan vijf soorten in de Zuid-Limburgse beken worden aangetroffen. Van de amfibieën staat slechts één soort op de Bijlage II van de Habitatrichtlijn (de Kamsalamander, die ook sporadisch in het Heuvelland voorkomt), maar wel zeven soorten op de Bijlage IV. Van deze zijn twee soorten exclusief voor het Heuvelland. De vissen fungeren in dit preadvies ook een beetje als ambassadeurs van het aquatische milieu. We zullen hun voorkomen in beek lateren aan de verschillende problemen en knelpunten die zich in de Zuid-Limburgse beken voordoen.

Dit alles wil geenszins zeggen dat andere gewervelden in het Heuvelland slechts van geringe betekenis zijn. Zo vormen de Zuid-Limburgse beekdalen een belangrijk leefgebied voor de Waterspitsmuis en zijn er, wat de vogels betreft, op zijn minst drie soorten waarvoor de Zuid-Limburgse beken binnen Nederland van bijzondere betekenis zijn: IJsvogel, Waterspreeuw en Grote gele kwikstaart. Het is in dit verband trouwens opmerkelijk dat Zuid-Limburg geen enkele rol speelt bij de implementatie van de Vogelrichtlijn in ons land. Geen enkel gebied kwalificeert onder deze regeling, zodat dit deel van ons land een witte vlek is op de kaart van Nederland waarop de gebieden staan aangegeven die als 'speciale beschermingszone' (SBZ) bescherming genieten onder de Vogelrichtlijn. Dit terwijl maar liefst acht gebieden zijn aangemeld onder de Habitatrichtlijn (zie Par. 1.1). Met de IJsvogel gaat het de laatste jaren bijzonder goed in ons land, mede dankzij een reeks van zachte winters. Recent kon de soort zelfs van de Rode Lijst worden afgevoerd.

De verspreiding en het voorkomen van zoetwatervissen en amfibieën in Nederland is de laatste decennia goed onderzocht. Ook aan historisch verspreidingsonderzoek is de nodige aandacht besteed. Op grond hiervan is het mogelijk om aan te geven voor welke soorten uit beide diergroepen de heuvellandbeken van belang zijn, wat de status van deze soorten is en welke eisen aan de beekbiotopen worden gesteld wanneer men zich de duurzame overleving van deze soorten tot doel stelt. Voor beide soortengroepen is een aantal aandachtsoorten geselecteerd op grond van de volgende criteria:

1. De nationale en/of Internationale status is gevoelig tot bedreigd. Dit betreft doorgaans soorten met een beleidsrelevante achtergrond, zoals vermelding op Rode Lijsten, op de referentielijsten van de Habitatrichtlijn en soorten die worden genoemd onder de Flora- en Faunawet.
2. Actuele of historische binding aan het heuvelland in het algemeen en aan beekdalen of de direct aangrenzende landschapselementen in het bijzonder. De heuvellandbeek of het beekdal vormt een belangrijk onderdeel van het natuurlijke habitat van de soort, bijvoorbeeld als voortplantingsgebied, foerageergebied of overwinteringsplaats.

4.2.1 Zoetwatervissen

Van de circa 70 soorten zoetwatervissen in Nederland komen er ongeveer 40 voor in de heuvellandbeken van Zuid-Limburg. Vooral de grotere heuvellandbeken kennen (van oorsprong) een soortenrijke en gevarieerde vislevensgemeenschap. Dit betreft de Geul, de Geleenbeek, de Worm, de Jeker en de Voer. Van deze stromen de laatstgenoemde drie beken slechts voor een (klein) deel door Nederland. De Worm vormt ter hoogte van Kerkrade de grens met Duitsland en mondt ter hoogte van Karken in het Duitse deel van de Roer uit (zie Afbeelding 1.1). Naast genoemde waterlopen, die allemaal tot de 'echte heuvellandbeken' kunnen worden gerekend, zijn er nog enkele kleine beekjes in het Maasdal in het noordwesten van Zuid-Limburg. Dit zijn de Oude broekgraaf, de

Hemelbeek en de Ur. Ze worden hier voor de volledigheid genoemd, maar blijven verder buiten beschouwing omdat ze gegeven hun omvang noch voor amfibieën, noch voor zoetwatervissen van bijzondere betekenis zijn.

Een beeld van de visstand in de heuvellandbeken op grond van historische en actuele visserijkundige onderzoeken in het stroomgebied van de Geul, Jeker en Geleenbeek wordt gepresenteerd in Tabel 4.1. Voor de Voer en de Worm zijn deze gegevens niet beschikbaar. Het belang van de heuvellandbeken is als laatste geschat op basis van *best professional judgement* en weergegeven door middel van een cijfer van 1 (geen bijzondere waarde als leefgebied) tot 10 (enige bekende vindplaats in Nederland). Op grond van presentie, de status en de mate waarin de heuvellandbeken van belang worden geacht voor de duurzame overleving van de soorten in Nederland, is een aantal 'aandachtsoorten' geselecteerd. Deze zijn in Tabel 4.1 in rood aangegeven en samenvattend gepresenteerd in Tabel 4.2. In totaal gaat het hierbij om 13 soorten.

Tabel 4.2. Overzicht van de aandachtsoorten voor de heuvellandbeken aan de hand van de in tabel 1 genoemde criteria. In totaal zijn er dertien aandachtsoorten onderscheiden. Tien soorten zoetwatervissen en drie soorten prikken. De meeste soorten komen nog steeds in de heuvellandbeken voor. Voor de zeeprík en de zalm is dat waarschijnlijk niet meer het geval.

Vissoort	Actuele voorkomen			Totaal G+G+J	Historische voorkomen		Status soorten			Belang HVL ³
	Stroomgeb. Geul	Stroomgeb. Geleenbeek	Stroomgeb. Jeker		Stroomgeb. Jeker ¹	Rode lijst ²	FF-wet	Habitat-richtlijn		
beekdonderpad	+	+	+	3	xx	BE	2	P, II	9	
kopvoorn	+	+	+	3	--	KW	--	--	7	
beekforel	+	+	--	2	0	VNW	--	--	8	
barbeel	+	--	+	2	x	BE	--	--	6	
gestippelde alver	+	--	--	1	xx	GE	3	--	10	
elrits	+	--	--	1	xx	BE	3	--	9	
beekprík	+	--	--	1	x	BE	--	--	8	
zeeforel	+	--	--	1	0	V2004	--	--	8	
sneep	+	--	+	1	0	BE	--	--	7	
rivierprík	+	--	--	1	--	V2004	--	--	7	
kwabaal	+	--	--	1	0	BE	--	--	7	
zeeprík	--	--	--	?	--	V2004	--	--	7	
zalm	--	--	--	--	0	V2004	--	--	9	

¹: Marquet: 0 = weinig, x = veel, xx = zeer veel, ²: GE = gevoelig, BE = bedreigd, KW = kwetsbaar, ³: Inschatting belang heuvellandbeken op basis van Best Professional Judgement 1 = Geen belang,.....10 enige vindplaats in NL

Tabel 4.3. Globaal overzicht van het voorkomen en de verspreiding van de Nederlandse amfibiesoorten. Uit het overzicht blijkt dat het heuvelland in Zuid-Limburg een aanzienlijk aantal soorten kan worden aangetroffen, maar dat het gebied voor slechts enkele soorten van belang is voor duurzame overleving in Nederland. (lijkt me bij paragraaf 4.2.2 te horen)

Soortnaam	Natuurlijke verspreiding in Nederland				Status en bescherming		
	Globaal heel Nederland	Beperkt tot oosten en zuiden	Beperkt tot heuvelland	Van Nature zeldzaam in heuvelland	Status Nederland	FF-wet	Habitat-richtlijn
Bruine kikker	xx				--	1	
Heikikker	xx			xx	GE	3	IV
Meerkikker	xx			xx	--	1	
Basterdkikker	xx			xx	--	1	
Poelkikker	xx			xx	KW	3	IV
Gewone pad	xx				ON	1	
Rugstreeppad	xx			xx	--	3	IV
Kleine watersalamander	xx				ON	1	
Kamsalamander	xx				--	3	II, IV
Boomkikker		xx		xx	BE	3	IV
Knoflookpad		xx		xx	BE	3	IV
Alpenwatersalamander		xx			--	2	
Vinpootsalamander		xx		xx	KW	3	
Vuursalamander			xx		BE	3	
Geelbuikvuurpad			xx		EB	3	II, IV
Vroedmeesterpad			xx		KW	3	IV

Tabel 4.1. Overzicht van de zoetwatervissen waarvan het actuele of historische voorkomen in de heuvellandbeken is aangetoond. De gegeven zijn gebaseerd op diverse visserijkundige onderzoeken en historische beschrijvingen. Op grond van het voorkomen, de status en het belang van heuvellandbeken voor de duurzame overleving in Nederland zijn er voor de heuvellandbeken dertien aandachtssorten geselecteerd. Ze zijn in rood aangegeven in de tabel.

Zoetwatervissen Heuvellandbeken	Presentie	Vissoort	Actuele voorkomen (percentage van totaal vangst)			Totaal Geul- beek Jeker	Historische voorkomen (percentage totaal vangst)		Status Soorten	Belang HVL- beken als leef- gebied in NL ³
			2005 Stroomgeb. Geul (n=15.873)	2007 Stroomgeb. Geleenbeek (n=13.422)	2003 Stroomgeb. Jeker (n=483)		1966 Stroomgeb. Jeker Marquet ¹	1994 Stroomgeb. Geul (n=4474)		
zeer algemeen	bermpje	25,67	39,66	2,69	31,65	xx	7,91	2	3	
	rivergrondel	8,01	25,41	4,35	15,82	xx	25,95		2	
	driedoornige stekelbaars	8,26	17,93	8,07	12,63	xx	2,39		4	
algemeen	kopvoorn	16,10	2,63	12,42	9,98	xx	17,79	KW	7	
	eirlits beekdonderpad	14,19 13,59	0,04	11,80	7,58 7,46	xx	2,64 2,44	BE ?7BE	9 9	
minder algemeen	barbeel	5,86		1,04	3,15	x	0,74	BE	6	
	blankvoorn	1,67	2,53	44,72	2,76	xx	23,92		2	
	baars	0,83	3,79	0,41	2,16	0	6,19		2	
	beekforel	2,98	0,04		1,61	0	4,72	VNW	8	
	brasem	0,05	2,47		1,14		0,27		1	
	tiendoornige stekelbaars		2,22	0,21	1,01				1	
zeldzaam	paling	1,12	0,31	5,18	0,82	x	0,92		3	
	rietvoorn	0,06	1,07	0,21	0,52	x	0,18		1	
	riverdonderpad	0,79			0,42			2	P, II	
	vetje		0,63		0,28			KW	1	
	pos		0,39		0,18				1	
	serpeling	0,03		6,00	0,11	xx	0,80	KW	4	
	zonnebaars	0,01	0,22		0,10	0			1	
	snoek	0,06	0,16		0,10			GE	3	
	winde	0,06	0,08	1,04	0,08				1	
	blauwband	0,03	0,15	0,21	0,07				1	
	karper	0,03	0,09	0,83	0,07				1	
	zeelt	0,01	0,13		0,06				1	
	sneep	0,08		0,62	0,05	0		BE	7	
	gestippelde alver	0,09			0,05	xx		GE	10	
	giebel	0,06	0,02	0,21	0,04	x	0,09		1	
	kolblei	0,04			0,02				1	
	beekprik	0,03			0,02	x		BE	8	
	alver	0,03			0,02				3	
	roofblei	0,01			0,01				1	
	regenboogforel	0,01			0,01				1	
kleine modderkruiper		0,01		<0,01				2		
bittervoorn		0,01		<0,01				3		
rvierprik	xx			<0,01				KW	1	
kwabaal	xx			<0,01				V2004	7	
zeeforel	xx			<0,01				BE	7	
zalm	<0,01			<0,01				V2004	8	
snoekbaars				?				V2004	9	
zeeprik				?				V2004	1	
kroeskarper				?				KW	7	
resumé									1	

¹: Marquet: 0 = weinig, x = veel, xx = zeer veel, GE = gevoelig, BE = bedreigd, KW = kwetsbaar³, 1 = geen belang, 10 enige vindplaats in NL

Status, bronpopulaties en dispersie

Alle aandachtsoorten zijn uit de Grensmaas bekend, de rivier waarin – van zuid naar noord – Voer, Jeker, Geul en Geleenbeek uitmonden (de Worm mondt via de Roer uiteindelijk ter hoogte van Roermond in de Maas uit). Van acht soorten is bekend dat ze zich in de heuvellandbeken voortplanten en dat er sprake is van min of meer duurzame populaties. Van de Zeeforel, Zalm, Kwabaal, Zeeprík en Rivierprík is geen voortplanting in de heuvellandbeken bekend. Deze soorten worden echter wel incidenteel waargenomen. Voor de Zalm is een herintroductieprogramma gestart in de Roer in Duitsland. Tegenwoordig worden er regelmatig jonge naar zee trekkende zalmen (*smolts*) in de Maas gevangen. Als de herintroductie succesvol blijkt, is ook kolonisatie van de heuvellandbeken in de toekomst (in het stroomgebied van de Geul) niet uitgesloten. Hetzelfde geldt voor de Zeeforel. Van de Beekforel, de niet migrerende vorm van de Zeeforel, is in 2006 sinds lange tijd weer natuurlijk voortplanting aangetoond in enkele zijbeken van de Geul, de Zieversbeek, Mechelderbeek en Selzerbeek (Crombaghs 2006). Van de Kwabaal, de Zeeprík en de Rivierprík zijn geen recente gegevens over voortplanting in heuvellandbeken voorhanden. Larven van de Zeeprík en de Rivierprík zijn wel bekend uit het Nederlandse deel van de Roer (databestand Natuurbalans-Limes Divergens). Gezien de dispersiemogelijkheden van deze soorten is rekolonisatie van de heuvellandbeken op de lange termijn niet uitgesloten. Het habitat voldoet in principe aan de eisen van deze soorten. Natuurlijke en ongestoorde heuvellandbeken voldoen naar verwachting ook aan de habitateisen van de Kwabaal. Populaties van de soort komen echter, voor zover bekend, niet op korte afstand voor. De kans op natuurlijke hervestiging van de Kwabaal is daarom bijzonder klein. In België is enkele jaren geleden een herintroductie gestart in de Bosbeek door het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (INBO) in België. In de loop van enkele jaren zijn hier al meer dan 2.000.000 larven van de kwabaal uitgezet. Ook de Bosbeel mondt in de Grensmaas uit en wel ter hoogte het gehucht Aldeneik (bij Maaseik). Mocht deze herintroductie slagen, dan kunnen op de lange termijn ook andere zijbeken van de Maas, waaronder de heuvellandbeken, worden gekoloniseerd.

Bijzonder tenslotte is het voorkomen van twee soorten ‘rivierdonderpadden’ in de heuvellandbeken (Crombaghs 2006), te weten *Cottus perifretum* en *Cottus rhenanus*. Bij de eerstgenoemde gaat het om een hybride vorm die veel minder kritische habitateisen stelt dan *Cottus rhenanus*. *Cottus perifretum* is aan een opmars bezig en kan inmiddels in een aanzienlijk aantal beken en rivieren in Nederland worden aangetroffen. Voorgesteld wordt daarom om deze soort Rivierdonderpad te noemen. De meer kritische *Cottus rhenanus* komt voornamelijk in heldere, schone beken voor. De naam Beekdonderpad is hiervoor op zijn plaats. Het stroomgebied van de Geul is een van de zeer weinige locaties in Nederland met een levenskrachtige populatie beekdonderpadden. *Cottus perifretum* breidt de laatste decennia zijn leefgebied sterk uit en lijkt op sommige plaatsen alleen door de aanwezigheid van niet passeerbare migratiebarrières in zijn koloniseringsdrift te worden geremd. Daar waar contact tussen de beide soorten plaats vindt, vindt bastaardering plaats. Het is niet uitgesloten dat *Cottus rhenanus* hierdoor op den duur uit ons land zal verdwijnen. Met het opheffen van de laatste migratiebarrières voor vissen in het stroomgebied van de Geul dient hiermee rekening te worden gehouden. *Cottus perifretum* komt tot dusver alleen stroomafwaarts van de eerste grote barrière in de Geul bij Meersen voor.

Relatie met beken en beekdalen

De aandachtsoorten kunnen van nature allemaal in natuurlijke en ongestoorde heuvellandbeken voorkomen. Wel is onderscheid te maken in het belang en de functie van heuvellandbeken voor de aandachtsoorten: (1) soorten die in Nederland, een enkele uitzondering daargelaten, uitsluitend in heuvellandbeken voorkomen (Gestippelde alver, Elrits) of waarvan voor Nederlandse begrippen (zeer) grote bestanden in de heuvellandbeken aanwezig zijn (Beekdonderpad, Beekprík) en die slechts over korte afstanden migreren; (2) soorten die ook in andere beektypen worden aangetroffen of die moeten kunnen migreren tussen de grote rivieren en heuvellandbeken (Serpeling, Kwabaal, Kopvoorn, Barbeel en Sneep). Goede bestanden komen alleen in brede benedenstroomse trajecten van heuvellandbeken voor; (3) soorten die migreren tussen het zoete water en de zee, waarbij

heuvellandbeken in aanmerking komen als paaiplaats en opgroeigebied voor de jongste jaarklassen of larven (Zalm, Zeeforel, Zeeprik en Rivierprik).

Waterkwaliteit

Alle genoemde beekvissoorten zijn afhankelijk van helder, schoon, relatief koud en zuurstofrijk water. Dit geldt in het bijzonder voor de overleving van de jongste leeftijdsklassen (eieren en larven). In latere stadia verschillen de afzonderlijke soorten nogal in gevoeligheid ten opzichte van een aantal milieufactoren. Soorten als Barbeel, Kopvoorn en Sneep kunnen hogere watertemperaturen tijdelijk goed verdragen zolang de aanwezigheid van voldoende zuurstof gegarandeerd is. Een lage watertemperatuur en daarmee het voorkomen van sterk beschaduwde trajecten is voor andere soorten (Zalm, Kwabaal, Beekforel, Beekprik) echter van levensbelang. Ook voor chemische vervuiling van het water, bijvoorbeeld met cadmium en zink, zijn beekvissen gevoelig. Er zijn aanwijzingen dat dit de verspreiding van Elrits en Beekdonderpad in het stroomgebied van de Geul mede bepaalt. Organische verontreiniging vormt een probleem, omdat deze de aanwezigheid van schone grindbanken kan verhinderen. Door verontreiniging neemt de bezetting met algen en bacteriën op de grindbanken toe, waardoor de zuurstofhuishouding ernstig kan worden verstoord. Vooral onder eieren en vislarven kan dit zeer hoge sterfte veroorzaken.

Water- en oevervegetatie

Hoewel bekend is dat sommige soorten (ook) water- en oeverplanten als eiafzetsubstraat gebruiken, maken de beekvissoorten voor het paaien vooral gebruik van grind- en zandbanken (sommige soorten zelfs uitsluitend). Waterplanten en oevervegetatie zijn voor de meeste beekvissoorten dus niet van levensbelang als paaisubstraat. Om een aantal redenen is de aanwezigheid van voldoende water- en oeverplanten toch wel degelijk belangrijk. Waterplanten zijn van belang in verband met de beschikbaarheid van voldoende schuilplaatsen tegen predatoren, en als leefgebied voor macrofauna (voedselvoorziening). Dit geldt vooral ook voor bomen en struwelen direct aan de oever, omdat door de (onder)waterwortels de kans op het ontstaan van holle oevers sterk toeneemt. In binnenbochten zijn watervegetatie en kruidachtige oevervegetatie van belang als opgroeigebied voor jonge beekvissen, waar ze zowel bescherming vinden tegen predatie vanuit het water als predatie vanaf het land. Als laatste kan de aanwezigheid van voldoende begroeiing aan de oever in de vorm van bomen en struwelen (broekbos) van belang zijn in verband met het behouden van een voldoende lage watertemperatuur. Beektrajecten met een rijke afwisseling aan water- en oevervegetatie vormen daardoor vaak de meest waardevolle leefgebieden van beekvissen.

4.2.2 Amfibieën

In Nederland komen in totaal zestien soorten amfibieën voor. Een aantal soorten is in het voorkomen beperkt tot het zuid(oost)en van Nederland, waarbij Zuid-Limburg een belangrijke plaats inneemt. In principe kunnen alle watersalamanders, alle padden (uitgezonderd de Knoflookpad) en alle soorten kikkers (met uitzondering van de Boomkikker) in het Heuvelland worden aangetroffen. Een overzicht wordt gepresenteerd in Tabel 4.3. Het Heuvelland is echter zeker niet voor alle soorten even belangrijk.

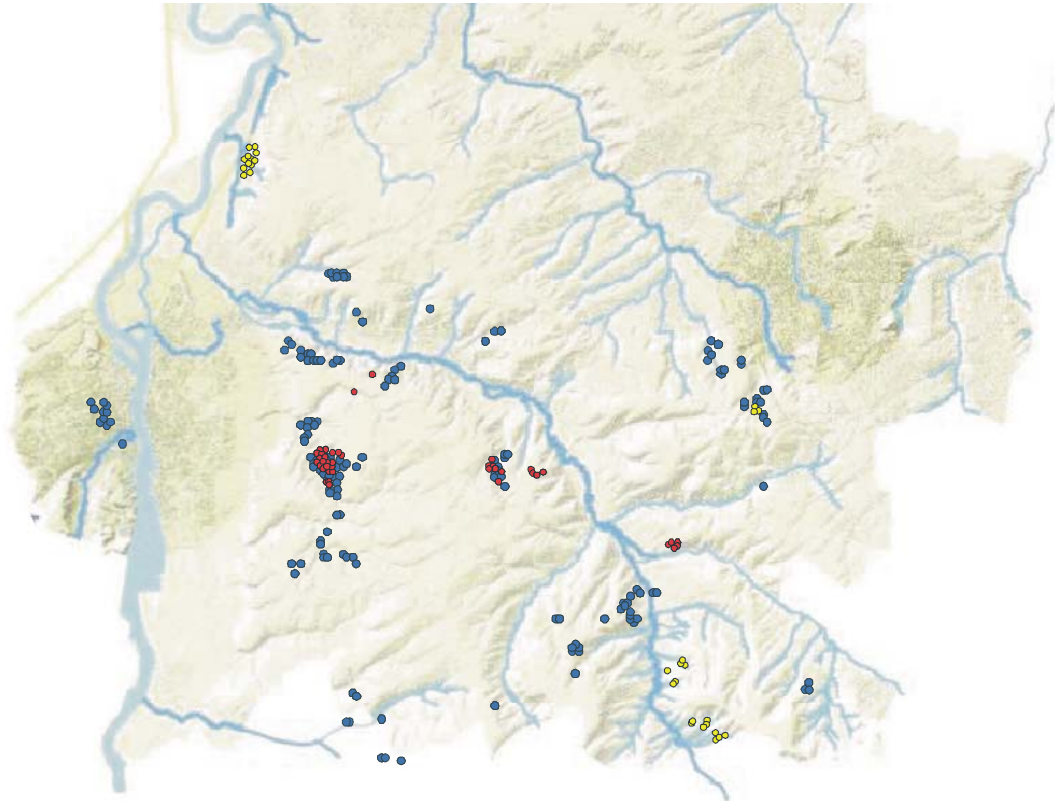
Voor de selectie van aandachtsoorten zijn de hiervoor genoemde criteria toegepast. Uit de overzichtstabel blijkt dat er weliswaar een redelijk aantal amfibiesoorten in het Heuvelland kan worden aangetroffen, maar dat de meest daarvan in dit gebied van nature zeldzaam tot zeer zeldzaam zijn. Er zijn evenwel drie soorten die in hun voorkomen in Nederland beperkt zijn tot Zuid-Limburg en die landelijk gezien tevens als bedreigd worden beschouwd. Dit zijn: Geelbuikvuurpad, Vroedmeesterpad en Vuursalamander. Ze zijn op grond hiervan als aandachtsoort geselecteerd. Voor de overige bedreigde soorten speelt het Heuvelland als leefgebied geen rol van betekenis. Voor de Alpenwatersalamander tenslotte vormt het Heuvelland wel een zwaartepunt van de verspreiding in Nederland, maar dit is een typische bossoort die zich in het Zuid-Limburgse heuvellandschap goed weet te handhaven. Van

achteruitgang van deze soort is dank zij de aanleg en herstel van de vele honderden poelen in het heuvelland nauwelijks sprake. Daarom en omdat de soort vooral voorkomt in hellingbossen (en hun directe omgeving) is de Alpenwatersalamander niet als aandachtsoort geselecteerd.

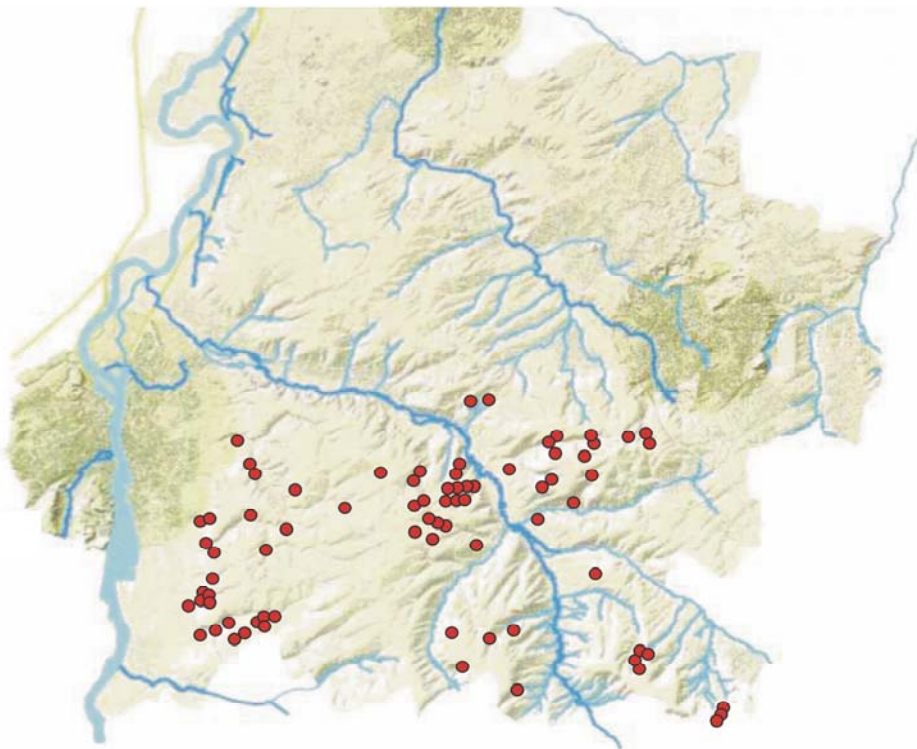
Status, bronpopulaties en dispersie

Alle aandachtsoorten komen nog steeds in het Heuvelland voor. Een actueel overzicht van het voorkomen van de Vuursalamander, de Geelbuikvuurpad en de Vroedmeesterpad wordt gepresenteerd in Afbeelding 4.1. De Vuursalamander is in het Heuvelland altijd al een zeldzame verschijning geweest, en hoewel bedreigd – als gevolg van het zeer geringe aantal leefgebieden – is er bij deze soort gedurende de laatste 30 jaar nauwelijks sprake van achteruitgang (Gubbels, persoonlijke mededeling). De soort kwam en komt voor zover bekend uitsluitend voor in zeer kleine bronbeekjes in het Bunderbos, in de Klitserbeek, de Maessel, de Belletbeek, de Berversbergbeek, de Cottesserbeek en de Bommerigerbeek, rondom Cottessen en in een klein bronbeekje bij de Putberg. Op deze laatste locatie is de soort recent uitgezet. Kolonisatie van nieuwe leefgebieden (kleine hooggelegen bronbosjes) vanuit de huidige leefgebieden wordt als vrijwel onmogelijk beschouwd. De aandacht voor de Vuursalamander zou dan ook vooral gericht moeten worden op behoud en verdere verbetering van de huidige leefgebieden. Bij de Vroedmeesterpad kan op basis van recent verspreidingsonderzoek worden geconcludeerd dat de soort in alle historische leefgebieden nog wel voorkomt, maar dat in veel gebieden sprake is van een sterke (soms dramatische) achteruitgang (Crombaghs & Bosman 2006). Het meest bedreigd is de Geelbuikvuurpad, waarvan op grond van historische verspreidingsgegevens (Van Nieuwenhoven-Sunier et al. 1965) is berekend dat het voorkomen van de soort zowel wat betreft het aantal vindplaatsen als de aantallen per vindplaats voor meer dan 95 % is afgenomen.

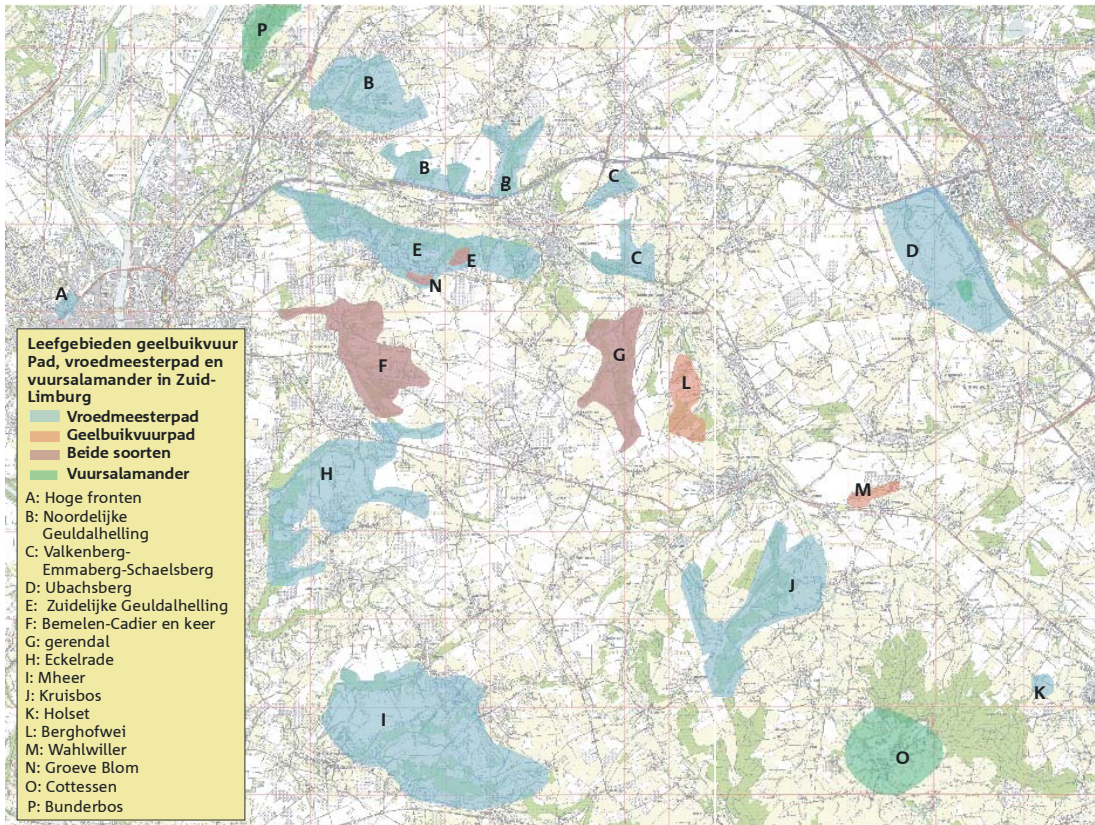
De verspreidingskaart laat zien dat de aandachtsoorten op diverse locaties in de directe omgeving van de beekdalen van heuvellandbeken voorkomen. Waarschijnlijk betrof dit in het verleden vooral de bovenlopen van heuvellandbeken. De Vuursalamander toont zelfs een uitgesproken voorkeur voor bronbeken en komt in Nederland uitsluitend in en vlakbij dit habitatype voor. Voor de Geelbuikvuurpad lijkt dit in veel mindere mate het geval, maar wanneer men kijkt naar het verspreidingsbeeld omstreeks 1960, toen de soort nog op circa 80 locaties in Limburg werd waargenomen (Afbeelding 4.2), dan blijkt wel degelijk sprake te zijn van het voorkomen in de omgeving van heuvellandbeken (Van Nieuwenhoven-Sunier et al. 1965). Door experts worden overstromingsvlakten in beekdalen van heuvellandbeken, plekken met oppervlakkig afstromend kwel- en bronwater, zoals natte brongraslanden, en kommen en laagten in het beekdal als primair habitat van deze typische heuvellandsoort beschouwd. Door veranderd landgebruik en schaalvergroting is de Geelbuikvuurpad echter op veel plaatsen verdwenen. In eerste instantie vond de soort in het voormalig kleinschalige cultuurlandschap met vele honderden kleine poeltjes een goed vervangingshabitat (secundair habitat). Tegenwoordig komt de soort in redelijke dichtheden alleen nog in de directe omgeving van groeven (tertiair habitat) en op enkele sterk zuidwaarts geëxponeerde terreindelen voor.



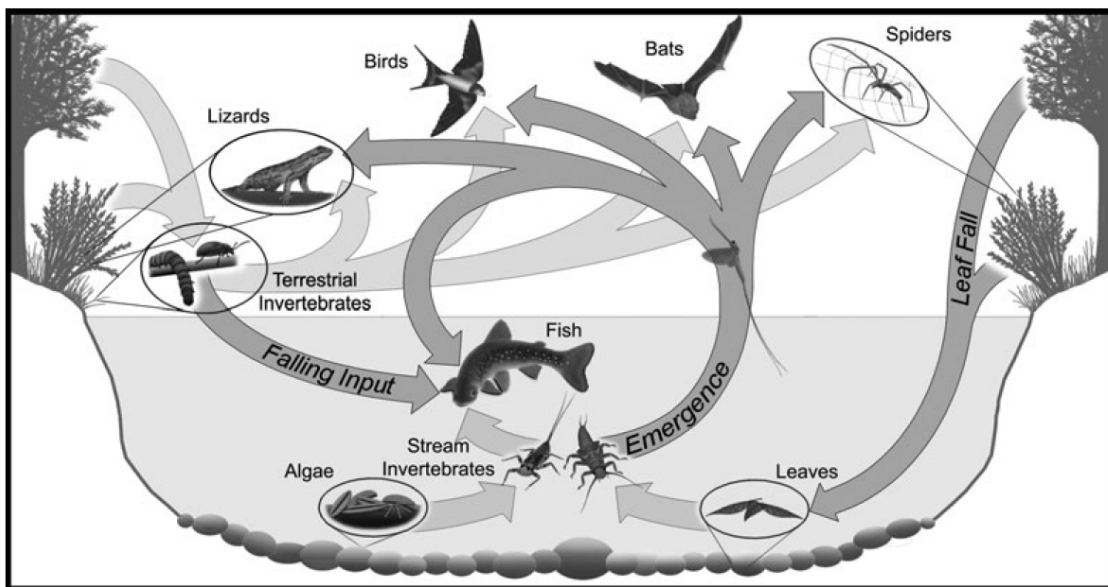
Afbeelding 4.2. Een overzicht van het voorkomen van de Geelbuikvuurpad (rode stippen), de Vroedmeesterpad (blauwe stippen) en de Vuursalamander (gele stippen) in Zuid-Limburg de periode 2000-2007.



Afbeelding 4.3. Historische verspreiding van de Geelbuikvuurpad in Limburg omstreeks 1960 (Van Nieuwenhoven-Sunier et al. 1965).



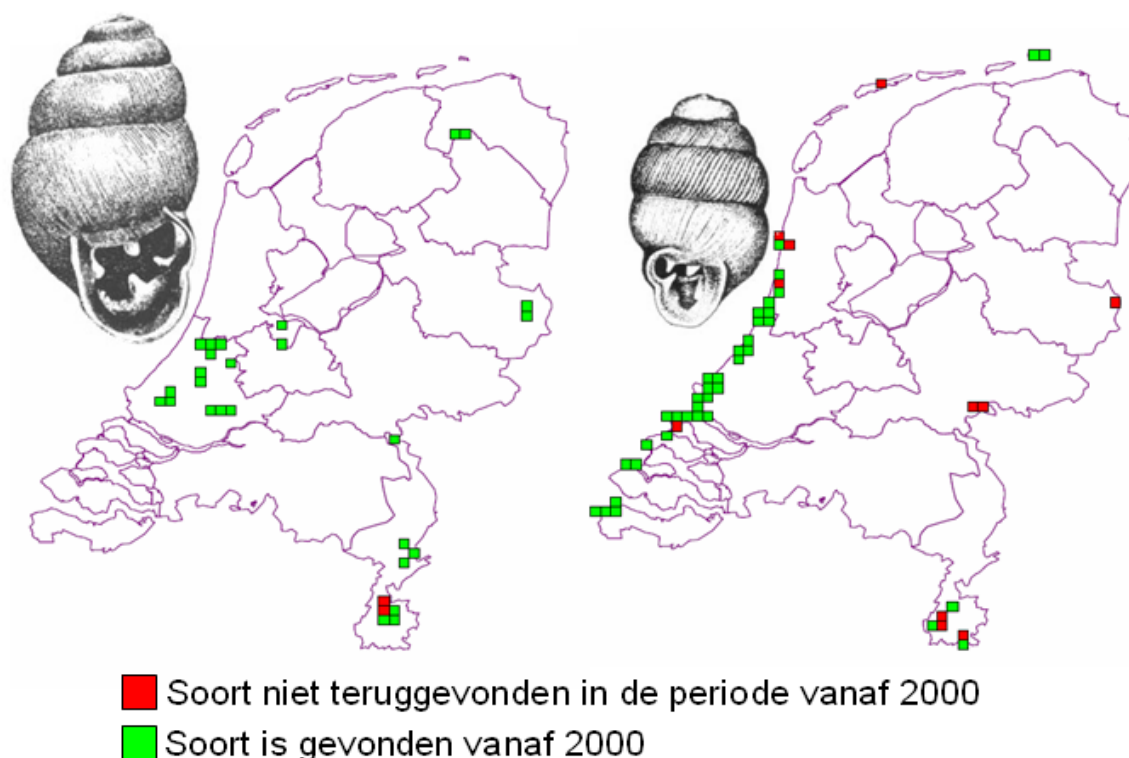
Afbeelding 4.4. Het verspreidingsgebied van de aandachtsoorten in Limburg en de begrenzing van de leefgebieden van de Vuursalamander (3), Vroedmeesterpad (10) en de Geelbuikvuurpad (6) binnen dit gebied op basis van het voorkomen in de periode 2001-2007.



Figuur 4.5. Schema van voedselrelaties, waarbij interacties tussen het terrestrische en het aquatische milieu met donkergrijze pijlen zijn aangegeven (uit Baxter et al. 2005).

Zeggekorfslak
(*Vertigo moulinsiana*)

Nauwe korfslak
(*Vertigo angustior*)



Afbeelding 4.6. Zeggekorfslak (*Vertigo moulinsiana*) en Nauwe korfslak (*Vertigo angustior*) en hun verspreiding in Nederland.

Op basis van de verspreidingsgegevens zijn er in Zuid-Limburg 15 leefgebieden begrensd waar de aandachtsoorten voorkomen (Afbeelding 4.3). Hieruit blijkt dat het actuele verspreidingsgebied van de Vroedmeesterpad nog vrij groot is (10 leefgebieden), terwijl de Geelbuikvuurpad en de Vuursalamander bedreigd zijn met slechts een beperkt aantal (7 resp. 3) kleine leefgebieden. Door recente herintroducties (Groeve Blom en Meertensgroeve) is het aantal leefgebieden van de Geelbuikvuurpad recent in het gebied Zuidelijke Geuldalhelling (E, Afbeelding 4.3) verder uitgebreid. De Vuursalamander is recent uitgezet op de Putberg (D, Afbeelding 4.3) en lijkt zich hier goed te handhaven. Het bronnetje op de Putberg behoort in hydrologisch opzicht tot het stroomgebied van de Geleenbeek. De bron is echter slechts enkele tientallen meters lang en verdwijnt dan in de ondergrond bij de hoeve Dael. Afstroming van het bronwater vindt daarna ondergronds plaats zodat een verdere uitbreiding van de soort niet te verwachten is.

Natuurlijke (her)vestiging vanuit de huidige leefgebieden in de beekdalen van het heuvelland zou in principe voor de aandachtsoorten mogelijk moeten zijn, maar de afstanden die soorten in het hedendaagse heuvelland kunnen overbruggen zijn sterk afgenomen door intensivering, schaalvergroting en verdroging. Dit geldt in mindere mate voor de Vroedmeesterpad. Van de andere soorten wordt de Vuursalamander als de slechtste 'kolonisator' beschouwd, maar ook bij de Geelbuikvuurpad blijkt kolonisatie van nieuwe of voormalige leefgebieden niet of nauwelijks meer plaats te vinden. Bij de Geelbuikvuurpad is sprake van een ernstige achteruitgang in aantal vindplaatsen. Bij de Vuursalamander is dit niet het geval, waardoor deze soort voor het heuvelland beter 'zeldzaam' dan 'bedreigd' kan worden genoemd.

Relatie met beken en beekdalen

De binding van de drie aandachtsoorten met de Zuid-Limburgse beekdalen verschilt sterk. Voor het voorkomen van de Vuursalamander is de combinatie van bronnen van heuvellandbeken en goed ontwikkeld loofbos (vooral beukenbos) een eerste levensvoorwaarde. De soort is voor de overleving direct afhankelijk van de aanwezigheid van kleine, zeer zwak stromende bronbeekjes, bronputten en bronpoelen. Alleen hierin plant de soort zich in Nederland succesvol voort. Volwassen dieren komen uitsluitend op het land voor. Overgangshabitats, zoals bosranden, open plekken in het bos en bospaden, hebben als leefgebied de voorkeur. Hier dient een groot aantal schuilplaatsen in de vorm van dood hout, stenen, muizenholen etc. aanwezig te zijn.

De Geelbuikvuurpad is een typische warmteminnende pioniersoort met een grote behoefte aan vochtige levensomstandigheden. Van nature worden deze in het Heuvelland vooral aangetroffen in de beekdalen. In het vroegere kleinschalige extensieve agrarische landschap waren vele honderden kleine poeltjes aanwezig, die noodgedwongen vrij intensief onderhouden werden. Ook door hun geringe afmetingen hadden ze een zeer dynamisch karakter. Hier vond de soort een geschikt habitat, door experts echter als een secundair habitat wordt aangemerkt. Voor de overleving van de soort is de aanwezigheid van semi-permanente wateren als voortplantingsplaats van levensbelang. Houden deze permanent water, dan verliezen ze hun functie. Tijdelijke wateren kunnen in diverse verschijningsvormen in de beekdalen worden aangetroffen: (1) als overstromingsvlaktes na perioden van hoge afvoer, (2) in de vorm van brongraslanden waarin kwelwater permanent, langzaam en diffuus wordt afgevoerd, en (3) op locaties in beekdalgraslanden waar na perioden van verhoogde neerslag (vooral in de zomer na onweersbuien) langdurig water stagneert. De waterhoudendheid dient in verband met de ontwikkelingstijd van de larven minimaal 8 tot 9 weken te bedragen.

De Vroedmeesterpad tenslotte stelt veel minder eisen aan de voortplantingswateren. Indien wateren in voldoende mate door de zon kunnen worden opgewarmd, zijn ze al snel geschikt. Hoewel de soort niet als een typische beekdalsoort bekend staat, zijn de beekdalen in het Heuvelland toch van belang voor duurzame overleving van de soort. Ten eerste vormen ze door hun van nature vochtige karakter goede dispersiezones in het hedendaagse landschap en bovendien zijn het gebieden waarin van nature potentiële voortplantingswateren aanwezig zijn.

Waterkwaliteit

Larven van de Vuursalamander overleven alleen in helder, zuurstofrijk bronwater. Ze stellen dus relatief hoge eisen aan de waterkwaliteit. Enige doorstroming van deze wateren met bronwater is gewenst. In dergelijke situaties kan de soort ook in greppels en dergelijke worden aangetroffen. In verband met het hoge zuurstofgehalte zijn ook beschaduwde wateren geschikt. Dit is geheel in tegenstelling met de Geelbuikvuurpad en de Vroedmeesterpad die een duidelijke voorkeur vertonen voor zonbeschenen warme wateren. Behalve een voldoende opwarming door de zon stellen beide soorten geen hoge eisen aan de waterkwaliteit. Enige eutrofiëring vanuit de landbouw wordt verdragen zolang wateren en de directe omgeving ervan als gevolg hiervan maar niet volledig dichtgroeien en beschaduwde raken.

Water- en oevervegetatie

De aanwezigheid van water- en oeverplanten in de bovenlopen van bronbeekjes is voor de Vuursalamander geen voorwaarde. Vaak zijn de voortplantingsplaatsen kaal en vrij van vegetatie. De Vroedmeesterpad plant zich ook in bronpoelen voor. Bekend zijn voortplantingswateren bij de Watervalderbeek, in bronpoeltjes in het Ravensbos en in bronvijvers van de Hekerbeek (Heekerbosch). Ten aanzien van de begroeiing worden weinig eisen gesteld. Zowel totaal onbegroeide als begroeide wateren worden als voortplantingswater gebruikt zolang voldoende opwarming door de zon mogelijk blijft. Heldere wateren zonder boomopslag aan de oever zijn daarom het meest geschikt. In koeler water kunnen larven vaak zonnend in ondiepe oeverzones worden aangetroffen. De Geelbuikvuurpad is kritischer ten aanzien van de aanwezigheid van oever- en waterplanten. Omdat alleen tijdelijke wateren als

voortplantingsplaats in aanmerking komen, is de aanwezigheid van waterplanten meestal een aanwijzing dat een water niet meer als voortplantingsplaats functioneert. Daarnaast kent de soort zogenaamde 'verblijfswateren'. Ze zijn van belang als zomerhabitat voor de (half)volwassen geelbuikvuurpadden. Van hieruit zoeken de volwassen dieren tijdelijke wateren op die soms snel na de voortplanting weer worden verlaten. Enige begroeiing in en aan de verblijfswateren wordt getolereerd.

Microklimaat

Vuursalamanders overleven enkel onder omstandigheden met een relatief koel en vochtig microklimaat. De soort komt dan ook alleen duurzaam voor in goed ontwikkelde loofbossen met een hoge bodemvochtigheid. De soort heeft een strikt nachttactieve levenswijze, waarbij vooral de luchtvochtigheid en (in mindere mate) de luchttemperatuur belangrijke activiteitstimulerende factoren zijn. Verdroging van de bodem door wateronttrekking, bijvoorbeeld door versnelde en geconcentreerde afvoer van bronwater, kan van grote negatieve invloed zijn op het leefgebied. Tijdens langdurige droogte in de zomer zijn vuursalamanders soms wekenlang inactief. In tegenstelling tot de Vuursalamander hebben Geelbuikvuurpad en Vroedmeesterpad juist een grote behoefte aan warmte. Beide soorten bevinden zich aan de noordgrens van hun verspreidingsareaal. Vroedmeesterpadden hebben net als vuursalamanders een strikt nachtelijke levenswijze. Het zonnen vindt indirect plaats vanonder schuilplaatsen. Zeer korte en open vegetatie en de aanwezigheid van schuilplaatsen die goed warmte kunnen opnemen (stenen, dood hout etc.), is voor deze soort daarom belangrijker dan voor de Geelbuikvuurpad, die dagactief is en daarom ook direct kan opwarmen in de zon. Naast de grote behoefte aan zonnewarmte is er een sterke behoefte aan vochtige levensomstandigheden. Aan deze combinatie van eisen kan zeker niet overal worden voldaan. Vooral in kleinschalige landschappen met een grote dichtheid aan landschapselementen en schuilplaatsen kan het vereiste microklimaat van warmte en vocht worden aangetroffen. Tegenwoordig zijn vooral (voormalige) zand- en mergelgroeven als leefgebied van belang. Er stagneert water, er zijn voldoende schuilplaatsen in de vorm van restmateriaal (mergel, vuursteen, etc.) aanwezig, en de gemiddelde luchttemperatuur is er overdag aanzienlijk hoger dan in de directe omgeving. Groeven vormen echter geen natuurlijke habitats. In de beekdalen van heuvellandbeken komen vooral geaccidenteerde en zuidelijk geëxponeerde terreindelen met een hoge dichtheid aan kleine landschapselementen als leefgebied in aanmerking.

Overwintering

Alle drie de aandachtsoorten overwinteren op het land. Het zijn koudbloedige dieren die gedwongen zijn om in de winterperiode in winterslaap te gaan. Overwintering in het water is sporadisch bekend uit het buitenland, maar zover bekend in Nederland nog nooit waargenomen. In verband hiermee is de aanwezigheid van bossen en struwelen met voldoende schuilplaatsen in de bodem van levensbelang in het leefgebied van de soorten. Bij beekdalen kan hierbij worden gedacht aan het overgangsgedrag van de beekdalen naar hellingbossen (hellingvoet), aan graften en houtwalstructuren op de beekdalranden en aan grubben en holle wegen. Grubben en holle wegen zijn ook van belang als dispersiezone omdat ze geschikte geleidingsbanen (hoge luchtvochtigheid, veel schuilgelegenheid, mogelijkheden voor stagnerend hemelwater) tussen de afzonderlijke beekdalen vormen.

4.3 Vlinders en libellen

Dagvlinders en libellen behoren tot de best onderzochte groepen evertbraten in Nederland. Daarom is er veel kennis over hun verspreiding en hun ecologie voorhanden. Bovendien spelen beide groepen een belangrijke rol in het natuurbeleid en het natuurbeheer. Vanuit die achtergrond is het zinvol om vlinders en libellen binnen de grote groep van ongewervelden apart te behandelen. In het volgende krijgt een aantal soorten specifiek aandacht (Tabel 4.5). Bij de selectie van deze aandachtsoorten is gestreefd naar een goed hanteerbare set aan soorten die

gezamenlijk 'het verhaal vertellen'. Samengevat zijn de volgende criteria toegepast op de selectie van typerende vlinders en libellen in beekdalen:

1. Landelijke status niet algemeen. Dit omvat de categorieën zeldzaam tot verdwenen, waarbij in het laatste geval uitzicht moet zijn op terugkeer van de soort in de komende eeuw. Dit zijn meestal de voor de gebruikers en beheerders belangrijke soorten met vaak een beleidsrelevante achtergrond, zoals vermelding op Rode Lijst en soorten van de Habitatrichtlijn of soorten die specifiek genoemd worden in de Flora- en Faunawet.
2. Directe binding aan het beekdal of de direct aangrenzende beekdalgraslanden. Dit houdt in dat ten minste een belangrijk deel van de levenscyclus binnen het beekdal moet worden volbracht.

4.3.1 Dagvlinders

De selectie van dagvlinders omvat vijf soorten, te weten Rode vuurvlinder (*Lycaena hippothoe*), Klaverblauwtje (*Polyommatus semiargus*), Moerasparelmoervlinder (*Euphydryas aurinia*), Purperstepparelmoervlinder (*Brenthis ino*) en Zilveren maan (*Boloria selene*). Ook van deze soorten is, net als bij de libellen, een aantal gegevens over status en voorkomen weergegeven in Tabel 4.5. Dagvlinders hebben relatief kortlevende adulte stadia (enkele dagen of weken), die bij de meeste soorten weinig mobiel zijn. De soorten hebben meestal één generatie per jaar, maar Klaverblauwtje en Zilveren maan zijn in staat om meerdere generaties te ontwikkelen. De meeste soorten hebben weinig mobiele, lang (een aantal weken tot enkele maanden) levende larvale stadia als min of meer waardplantenspecifieke herbivoren. De vijf aandachtsoorten (en ook de meeste andere dagvlinders) overwinteren ook als rups. Zowel de larven als de vlinders zijn afhankelijk van beekbegeleidende vegetatie en niet van de beek zelf.

Status, bronpopulaties en dispersie

Geen van de vijf geselecteerde soorten dagvlinders heeft nog stabiele populaties in het Heuvelland (Bos et al. 2006; Adams 2008). Het Klaverblauwtje heeft sinds 2001 weer een min of meer stabiele populatie op de Sint-Pietersberg en er zijn diverse incidentele vestigingen geweest in het Geul- en Maasdal (Op den Kamp 2002). De Purperstreepparelmoervlinder heeft de laatste jaren weer een tijdelijke populatie gehad, maar deze lijkt weer te zijn verdwenen. Alle vijf soorten komen echter nog wel in de nabije buurlanden nog voor, wat voor herkolonisatie kansen biedt. Voor de Moerasparelmoervlinder zijn de perspectieven hiervoor ongunstig omdat de bronpopulaties klein zijn en op grotere afstand van Limburg liggen. In zijn algemeenheid is de mobiliteit van de geselecteerde dagvlinders beperkt en beduidend geringer dan van de libellen. Ze komen daarom doorgaans voor in een metapopulatieverband van een netwerk van kleinere tot grotere plekken (aren tot hectaren) op onderlinge afstanden van enkele honderden meters. Incidenteel kunnen echter wel afstanden van meerdere kilometers worden afgelegd, hetgeen de basis kan vormen voor nieuwe koloniaties. De factoren die verplaatsingen op grotere afstand bepalen zijn echter nog niet goed bekend.

Relatie met beek- en vegetatietypen

De verschillende soorten dagvlinders zijn geen van alle aan de beek zelf gebonden, maar alleen aan het omringende landschap. In hoge mate zijn een grote terreinheterogeniteit en ruimtelijke samenhang belangrijk. Een aantal soorten kan verschillende delen van het heuvellandschap gebruiken. Zo kunnen Klaverblauwtje en Moerasparelmoervlinder naast beekdalgraslanden ook op drogere kalkhellingen voorkomen, en kan de Zilveren Maan buiten het beekdal ook langs bosranden en op kapvlakten worden aangetroffen. De meeste aandachtsoorten zijn zowel van hooilanden als extensief begraasde weilanden bekend. De standplaatsen zijn hoogstens matig voedselrijk. Moerasparelmoervlinder, Zilveren maan en vermoedelijk ook Rode vuurvlinder kwamen vroeger in de beekdalen vooral op schrale graslanden met kwelinvloed op de beekdalflanken voor (Junco-Molinion). Purperstreepparelmoervlinder is afhankelijk van natte ruigten met moeraspirea

(Filipendulion). De Zilveren maan kwam daarnaast vroeger ongetwijfeld ook op zinkweiden voor, aangezien de soort daar bij Plombières nog steeds te vinden is (Graitson et al. 2005). Het Klaverblauwtje en soms ook de Rode vuurvlieder komen op matig voedselrijke, vochtige Glanshaverhooilanden (Arrhenatherion) voor. Het Klaverblauwtje heeft in een dergelijk milieu omstreeks 2000 in het Geuldal nog een tijdelijke populatie gehad (Op den Kamp 2002).

Waardplanten

Ook zeldzame dagvlinders zijn toch vaak niet op zeldzame waardplanten aangewezen. Dit geldt zeker voor het Klaverblauwtje (op Rode klaver, *Trifolium pratense*), Purperstreepmoervlieder (op Moerasspirea, *Filipendula ulmaria*), Rode vuurvlieder (op Veldzuring, *Rumex acetosa*). Voor deze soorten is het veeleer de (lage) productiviteit en (veelal open) structuur van de vegetatie die, samen met andere omgevingsfactoren, het voorkomen bepalen. De rupsen van het Klaverblauwtje wordt ook door verschillende soorten schubmieren (*Lasius*) bezocht. Alleen de Moerasparelmoervlieder en de Zilveren maan hebben waardplanten die in de huidige beekdalen zeldzaam zijn. De rupsen van de Moerasparelmoervlieder ontwikkelen zich in beekdalen op Blauwe knoop (*Succisa pratensis*) en op kalkgrasland op Duifkruid (*Scabiosa columbaria*). De Zilveren maan is afhankelijk van viooltjes, in beekdalen vooral Hondsviooltje (*Viola canina*) en Moerasviooltje (*Viola palustris*), maar ook wel Zinkviooltje (*Viola calaminaria*) (Graitson et al. 2005).

Nectarplanten

Vooraf in de periode van de ei-afzetting gebruiken dagvlinders veel nectar. De aanwezigheid van nectarbronnen in de buurt van waardplanten is dus van belang. Klaverblauwtje, Zilveren maan en Purperstreepmoervlieder hebben een grote nectarbehoefte. Klaverblauwtjes foerageren veel op klavers, de parelmoervlinders bezoeken vooral ruigtekruiden en, wanneer aanwezig, Blauwe knoop. Voor Klaverblauwtje en Zilveren maan, die in twee generaties vliegen is het belangrijk dat het nectaraanbod is gespreid over het hele groeiseizoen. Een gefaseerd maaibeheer, waarbij delen een jaar blijven overstaan, is voor de Zilveren maan dan ook gunstig gebleken (Wallis de Vries & Knotters 2000).

Microklimaat

Met uitzondering van de Zilveren maan bereiken de aandachtsoorten in Nederland de rand van hun areaal. Dit zal gedeeltelijk te maken met hun warmtebehoefte. Vooral voor de rupsen in het voorjaar is een warm microklimaat van belang (Wallis de Vries & Van Swaay 2006)). Dood plantenmateriaal is daarbij essentieel als substraat om goed op te warmen. Van de groepsgewijs levende rupsen van de Moerasparelmoervlieder is het zonnen op de Blauwe knoop in het vroege voorjaar goed beschreven (Porter 1982). De vlinders zoeken vaak beschutte, zonbeschenen randen om zich op te warmen. Naast warmte is echter ook een goede vochtvoorziening van belang, niet alleen voor de waardplanten. Vooral eitjes zijn gevoelig voor uitdroging en het is goed mogelijk dat vooral het voorkomen van de Rode vuurvlieder afhankelijk is van een vochtig, montaan microklimaat.

Overnachting en overwintering

Alle vijf aandachtsoorten overwinteren als rups in de strooisellaag, de rupsen van de Moerasparelmoervlieder in een gemeenschappelijk spinsel. De eitjes van de Purperstreepmoervlieder blijven echter nog tot in het najaar op het blad van de Moerasspirea zitten. Waar de vlinders overnachten, is meestal minder goed bekend. Veelal gebeurt dit weggekropen in de vegetatie, maar vooral van blauwtjes is het bekend dat ze bosranden opzoeken om in de bomen te overnachten.

4.3.2 Libellen

De selectie van libellen omvat zes soorten, te weten Bosbeekjuffer (*Calopteryx virgo*), Mercurwaterjuffer (*Coenagrion mercuriale*), Gaffellibel (*Ophiogomphus cecilia*), Gewone bronlibel (*Cordulegaster boltonii*), Zuidelijke oeverlibel (*Orthetrum brunneum*) en Beekoeverlibel (*Orthetrum caerulescens*). In Tabel 4.5 staat kort samengevat wat de status van deze aandachtsoorten en het voorkomen in het Heuvelland en aangrenzende gebieden is. Al deze soorten zijn carnivoor. Ze hebben

relatief kortlevende adulte stadia (enkele weken of maanden) die betrekkelijk mobiel zijn en langlevende larvale stadia (enkele maanden tot een aantal jaren) die tamelijk weinig mobiel zijn. De larven zijn afhankelijk van de beek zelf. Belangrijke omgevingsfactoren voor de larven zijn de aanwezigheid van water- en oeverplanten, daarmee samenhangend het predatierisico, en daarnaast de troebelheid en het zuurstofgehalte van het water. De imago's moeten in de beek geschikte voortplantingslocaties kunnen vinden, maar zijn tijdens de uithardingsfase en tijdens het voedsel zoeken niet per se aan de beek of beekbegeleidende structuren gebonden. In sommige gevallen kunnen ze kilometers van de beek weg zwerven. Zowel de larven als de imago's zijn predatoren. Ze dienen zelf ook als voedselbron voor bijvoorbeeld vogels, hoewel libellen (vanwege hun relatief lage dichtheden) maar een klein deel van het voedselpakket uitmaken.

Status, bronpopulaties en dispersie

Van de zes geselecteerde soorten libellen hebben er slechts twee nog populaties in het Heuvelland (NVL, 2002; Bouwman et al. 2008). Alle soorten komen echter in de nabije buurlanden nog voor en vestiging in de nabije toekomst behoort gezien hun mobiliteit tot de reële mogelijkheden. De Mercurwaterjuffer wordt het minst mobiel geacht en is ook zeldzaam in het nabije buitenland, maar herkolonisatie moet bij succesvol biotoopherstel op termijn zeker niet worden uitgesloten.

Relatie met beektypen

De verschillende soorten libellen komen gezamenlijk over een breed spectrum van beektypen voor. In gebieden met lokale kwel kunnen soorten als Gewone bronlibel, Beekoeverlibel en in de toekomst mogelijk ook Mercurwaterjuffer zich vestigen in bronbeken. Typische libellen van bovenloopjes in kleine beekdalen zijn de Zuidelijke oeverlibel en de Bosbeekjuffer. Grotere beekdalen worden bewoond door de Gaffellibel en ook wel de Bosbeekjuffer. De Gaffellibel is vooral afhankelijk van beken met veel morfologische variatie in de vorm van meandering en zandstrandjes (Geraeds & Van Schaik 2005).

Waterkwaliteit

Als zichtjagers zijn vooral de latere stadia van libellenlarven afhankelijk van betrekkelijk helder water. Een hoog zuurstofgehalte is van belang voor de larven van Gewone bronlibel, Mercurwaterjuffer en Bosbeekjuffer. Dit hangt mede af van een lage watertemperatuur en dus van een zekere beschaduwing. Voor larven van de Zuidelijke oeverlibel en Beekoeverlibel is daarentegen een hogere watertemperatuur van ondiepe, zonbeschenen wateren van belang (Reumkens & Hermans 2007; Geraeds 2008).

Vegetatie

Waterplanten en oevervegetatie zijn voor veel libellen van belang voor de eiafzetting, als omgeving voor de larven en als substraat voor het uitsluipen van imago's (NVL, 2002; Bouwman et al. 2008). Eitjes van de Mercurwaterjuffer worden op zonbeschenen waterplanten en oevervegetatie afgezet en de larven leven tussen de dichte oevervegetatie van bijvoorbeeld Kleine watereppe (*Berula erecta*) of Watermunt (*Mentha aquatica*). De larven van bosbeekjuffers leven vaak tussen losgespoelde boomwortels in holle oevers. Ondiep water is van belang voor eiafzetting bij de Gewone bronlibel die haar eitjes in de beekbodem afzet op detritusrijke plekjes. Ook voor de warmteminnende Zuidelijke oeverlibel, die haar eitjes op zachte bodem legt, is ondiep water belangrijk.

Tabel 4.5. Aandachtsoorten dagvlinders en libellen voor de beekdalen van het Heuvelland.

Nederlandse naam	Status NL	Voorkomen Heuvelland	Overige populaties
Dagvlinders			
Rode vuurvliinder <i>Lycaena hippothoe</i>	Rode Lijst 06 (verdwenen 1946)	Verdwenen (1925); oude waar-nemingen van Geleen en Valkenburg	Nog aanwezig in Eifel en Ardennen; in jaren '90 nog bij Aken
Klaverblauwtje <i>Polyommatus semiargus</i>	Rode Lijst 06 (verdwenen 1974); Ffw Tabel 3	Sinds 2001 op Pietersberg; incidenteel voortplantend in het Geuldal	In aangrenzend België (Geul- en Gulpdal, Albertkanaal) en rond Aken
Moerasparelmoervliinder <i>Euphydryas aurinia</i>	Rode Lijst 06 (verdwenen 1982); Habitatrichtlijn II; Ffw Tabel 2	Verdwenen (1938); vroeger van Vaals en Geuldal tot Bunde en Kerkrade	Zeer lokaal in Eifel en Ardennen
Purperstreepparelmoervliinder <i>Brenthis ino</i>	Rode Lijst 06 (verdwenen 1962); Ffw Tabel 3	Weer voortplantend? (Kerkrade); vroeger ook in Geuldal en bij Rode Beek	Rond Aken en in Eifel en Ardennen
Zilveren maan <i>Boloria selene</i>	Rode Lijst 06 (bedreigd)	Verdwenen (1973); vroeger Geuldal, Vijlen, Kerkrade; maar ook Schinveld en Brunssum	Aanwezig in aangrenzend België in Geuldal
Libellen			
Bosbeekjuffer <i>Calopteryx virgo</i>	Rode Lijst (bedreigd)	Gulpdal	Algemeen in buurlanden
Mercurwaterjuffer <i>Coenagrion mercuriale</i>	Rode Lijst (verdwenen 1953); Habitatrichtlijn II	Niet aanwezig	In buurlanden zeldzaam (in België op 80 km van Limburg)
Gaffellibel <i>Ophiogomphus cecilia</i>	Rode Lijst (ernstig bedreigd); Habitatrichtlijn II / IV; Ffw Tabel 3	recent nog in Geleenbeek	populatie in de Roer; mogelijk ook een populatie in de Swalm. Niet in België
Gewone bronlibel <i>Cordulegaster boltonii</i>	Rode Lijst (bedreigd)	recent geregeld incidentele waarnemingen; geen populaties bekend	Midden-Limburg en aangrenzend België, vermoedelijk ook rond Aken.
Zuidelijke oeverlibel <i>Orthetrum brunneum</i>	Rode Lijst (gevoelig)	ENCI-groeve, Groeve 't Rooth, Geleenbeek, Rüşherbeekje	Zeldzaam, maar vooruitgaand; zowel in Nederland als België
Beekoeverlibel <i>Orthetrum coerulescens</i>	Rode Lijst (kwetsbaar)	Brunssummerheide; incidentele waarnemingen op plekken met Zuidelijke oeverlibel	Vrij zeldzaam; in Belgische Kempen en Midden-Limburg.

4.4 Overige evertelaten

De ongewervelde fauna van beekdalen omvat een heel breed spectrum aan diersoorten. Weeda et al. (2006) noemen verschillende vertegenwoordigers van loopkevers, snuitkevers, wapenvliegen, dazen, bladhaantjes, tangwespen, zweefvliegen, goudwespen, vedermotten, sluiplvliegen, spinnendoders, miljoenpoten, duizendpoten, peerkopwespen, mieren, boorvliegen, prachtvliegen, pissebedden, hooiwagens, knotskevers, oorwormen, slakken, vlinders, libellen en sprinkhanen. Dan zijn er ook nog de – meestal kortlevende – terrestrische stadia van de aquatische ongewervelden (watermacrofauna), zoals kokerjuffers, haften, steenvliegen, kriebelmuggen en dansmuggen (Verdonschot et al. 2001). In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op de terrestrische ongewervelden van beekdalen, met uitzondering van vlinders en libellen die hiervoor al zijn behandeld (Par. 4.3).

De hoge diversiteit in ongewervelde soorten vindt zijn oorsprong in de grote verscheidenheid aan habitats dat in de beekdalen voorkomt. Van de 39 habitats die door Weeda et al. (2006) voor geheel Nederland worden onderscheiden, worden er 12 in beekdalen aangetroffen: stromend water, zoetwaterpoelen, brongebieden, voedselrijke moerassen, mesotrofe moerassen, bosranden, rijke loofbossen, broekbossen, hellingbossen, overstromingsvlakten, natte beemden en natte schraallanden. De lijst van habitats die tot het beekdal gerekend kunnen worden met de bijbehorende soortgroepen maakt duidelijk dat de soortenrijkdom van ongewervelden enorm is. Engelse lijsten van alleen de karakteristieke soorten komen uit op 100 en 139 soorten voor 'lowland meadow' en 'wet woodland', respectievelijk (Buglife 2008a; 2008b). In het natuurreservaat De Brand, een beekdal aan de zuidzijde van de Loonse en Drunense Duinen in Noord-Brabant, zijn op één enkele locatie in een hooiland meer dan 2.000 soorten insecten gevangen in een tijdsbestek van slechts acht maanden (Van Zuijlen et al. 1996). Gezien de over de hele linie hogere diversiteit in Zuid-Limburg (Schouten 2007) zijn in de Zuid-Limburgse beekdalen derhalve nog meer soorten te verwachten. Het voert in dit verband echter te ver om al deze soorten te noemen (waarvan trouwens geen overzicht bestaat). Bovendien zijn soortspecifieke sleutelfactoren en knelpunten veelal onbekend.

4.4.1 Betekenis voor hogere trofische niveaus in het voedselweb

Terrestrische en aquatische ongewervelden zijn van essentiële betekenis bij het omzetten, vasthouden en transporteren van nutriënten en organisch materiaal, zoals bladmateriaal en houtige structuren in de beken zelf en het omringende habitat in het beekdal (o.a. Batzer & Wissinger 1996). Naast deze rol is er recent aandacht gekomen voor voedselrelaties van enerzijds terrestrische ongewervelden die in de beek vallen en een voedselbron vormen voor beekvissen, en anderzijds de aquatische insecten die na het uitzwerven een voedselbron vormen voor terrestrische diergroepen, waaronder vogels, vleermuizen en spinnen (Afbeelding 4.5). Het belang van deze wederzijdse aanrijking tussen het aquatische en het terrestrische milieu heeft belangrijke consequenties voor dynamische voedselwebben en het functioneren van beekdalen. Onderzoek in Japan wees uit dat verschuivingen in het prooiaanbod door het seizoen niet synchroon verliepen voor de aquatische en terrestrische milieus. Het uitvliegen van aquatische insecten piekte in het voorjaar, terwijl op dat moment juist het aanbod aan terrestrische ongewervelden laag was. Later in het seizoen was er een hoog aanbod van terrestrische ongewervelden aan de beek (Cloe & Garman 1996). Door dit mechanisme wordt het dieet van terrestrische predatoren (vogels, vleermuizen, herpetofauna) in het voorjaar aangevuld door aquatische insecten en het dieet van vissen wordt in de zomer juist aangevuld door terrestrische ongewervelden. Door deze wederzijdse aanvulling herbergen combinaties van terrestrische en aquatische milieus hogere dichtheden en meer soorten dan elk milieu afzonderlijk. Omgekeerd kunnen aquatische ongewervelden en terrestrische ongewervelden die van elders met de stroom worden meegevoerd, ook als voedselbron dienen voor oevergebonden ongewervelden (spinnen, loopkevers, mieren) alsmede voor gewervelden, zoals de Waterspitsmuis (*Neomys fodiens*). Het belang van deze voedselbron blijkt per soortgroep te verschillen, afhankelijk van het dieet en de fenologie (Paetzold et al. 2006). Zo nemen de carnivore loopkevers (*Carabidae*) af, wanneer hun voedselbron experimenteel wordt afgeschermd, terwijl mieren (*Formicidae*), die voornamelijk een terrestrisch dieet hebben, een extra toename laten zien wanneer deze voedselbron experimenteel wordt verhoogd. Voor spinnen (*Lycosidae*), waarvan het dieet voor slechts een deel uit aquatische bronnen wordt betrokken, werd geen effect gevonden.

4.4.2 Sleutelfactoren en het voorkomen van karakteristieke soorten

Het achterhalen van soortspecifieke knelpunten die het voorkomen beperken, vereist kennis over de koppeling of de *match* tussen soorten en hun omgeving (Verberk 2008). De koppeling beschrijft hoe goed de aanpassingen die een soort in de loop van de evolutie heeft ontwikkeld een antwoord bieden op de heersende, veelal veranderde leefomstandigheden. Het gaat dus over informatie over kenmerken van de omgeving (en wijzigingen daarin) en kenmerken van de soorten. Dit inzicht in de effecten van aantastingen kan worden gebruikt om vervolgens de beste

mogelijkheden voor herstel te bepalen. De kennis om deze functionele analyse uit te voeren ontbreekt grotendeels en is deels versnipperd aanwezig. Over korfslakken is sinds deze in Bijlage II van de Habitatrichtlijn zijn opgenomen, veel informatie verzameld, hoewel ook voor deze soorten nog veel aspecten over hun basale ecologie dienen te worden opgehelderd. Desalniettemin kan op basis van hun biologie een redelijk beeld worden gegeven van hun gevoeligheden en hoe daarmee in het beheer rekening kan worden gehouden. In Paragraaf 4.4.3 wordt specifiek op de korfslakken ingegaan vanwege hun betekenis voor Natura 2000.

De belangrijkste bestaansvoorwaarde voor de grote rijkdom aan ongewervelde soorten in beekdalen is de grote verscheidenheid aan abiotische omstandigheden, die zorgt voor een scala aan verschillende habitats in en langs het beekmilieu. Naast de verschillen in structuur kan een terrein heterogeen zijn door verschillen in vochtgraad, temperatuur, substraat, voedselrijkdom, inclusief de fluctuaties daarin in de loop van de tijd. Terreinheterogeniteit manifesteert zich op verschillende schaalniveaus (bijvoorbeeld structuurvariatie binnen graslanden en combinaties van graslanden, moerasruigte en beekbossen) en komt tot uitdrukking in gradiënten en mozaïeken (gradiënt van beek naar hogere gronden, of een mozaïek van natte laagten, hogere ruggen en bossen). Terreinheterogeniteit is lastig te definiëren, maar desalniettemin zeer belangrijk voor een hoge biodiversiteit (o.a. Harper et al. 1997; Ten Houte de Lange 1987; Verberk et al. 2006).

Een beekdal met een hoge terreinheterogeniteit kan meer soorten herbergen dan de landschapselementen afzonderlijk, doordat de onderdelen elkaar versterken: elk habitat herbergt bepaalde karakteristieke soorten, zodat de aanwezigheid van verschillende habitats in gezamenlijk tot een hoger aantal soorten leidt. Dit effect zal met name opgaan voor soorten die op kleine schaal hun omgeving gebruiken en een nauwe relatie hebben met die omgeving, zoals monofage herbivoren, waaronder verschillende prachtvliegen, boorvliegen en snuitkevers. Tal van zeldzame soorten zijn evenwel geassocieerd met algemeen voorkomende waardplanten, wat erop wijst dat er andere voorwaarden zijn die niet overal vervuld worden. Een mogelijke verklaring is een tweede manier waarop heterogeniteit een meerwaarde heeft, namelijk via een synergistisch effect: alleen in combinatie leidt de aanwezigheid van verschillende onderdelen tot een toename van het aantal soorten. Dit doet zich voor bij diersoorten die gedurende hun levenscyclus verschillende onderdelen in het landschap gebruiken. Dit geldt in feite voor de meeste, zo niet alle soorten, mits een onderverdeling naar de verschillende onderdelen op de juiste schaal plaatsvindt. Het meest duidelijk komt dit naar voren bij soorten die niet zozeer een directe binding hebben met de vegetatiesoortensamenstelling, maar veeleer met de vegetatiestructuur en de structuurvariatie, zoals carnivore ongewervelden. Dit zijn meestal ook meer mobiele soorten. Bij insecten kan worden verwacht dat deze meerwaarde van heterogeniteit zich met name voordoet wanneer de soort langlevende, mobiele adulten heeft en de morfologie en levenswijze sterk verschilt tussen de larven en de adulten. Dit is het onder andere geval voor verschillende soorten loopkevers, bijen en zweefvliegen. Twee voorbeelden ter illustratie. In het gevarieerde beekdal van de Strijthagerbeek worden maar liefst 63 soorten bladkevers aangetroffen (Beenen 2001) en de aanwezigheid van verschillende biotopen is volgens Keulen (1999) een belangrijke randvoorwaarde voor het voorkomen van maar liefst 40 verschillende soorten slakken in de Kathager Beemden, waaronder een aantal zeer bijzondere soorten, waaronder de Gegroefde naaldslak (*Acicula fusca*), de Struikslak (*Fruticola fruticum*), de Oorvormige glasslak (*Eucobresia diaphana*), de Tandloze korfslak (*Columelle edentula*), de Gestreepte korfslak (*Vertigo substriata*) en ook de Zeggekorfslak (*Vertigo moulinsiana*). Lambrechts (2002) omschrijft de optimale situatie vanuit faunistisch oogpunt als 'een hoge structuurdiversiteit op beperkte oppervlakte, dus een "evenwicht" tussen ruigere, hogere vegetatie en kortere, schraalbegroeide plekken'.

Een belangrijke sleutelfactor voor terrestrische ongewervelden in beekdalen zijn de frequentie en de duur van het optreden van overstromingen vanuit de beekloop. Soorten beschikken over verschillende aanpassingen om hiermee om te gaan. Dit kan

mooi worden geïllustreerd aan de hand van verschillen in habitatkeuze in relatie tot overstroming tussen de Moerassprinkhaan (*Stethophyma grossa*) en Zompsprinkhaan (*Chorthippus montanus*), die beide gebonden zijn aan natte schraallanden (Reemer & Krekels 2007). De Zompsprinkhaan mijdt de gebieden die 's winters overstromen en is geassocieerd met schralere condities dan de Moerassprinkhaan. De eieren van de Moerassprinkhaan zijn vermoedelijk beter bestand tegen overstroming, waarschijnlijk dank zij de dikke schaal rond de eieren (Detzel 1998). Bovendien is de Moerassprinkhaan volledig gevleugeld en kan ze goed vliegen, zodat herkolonisatie gemakkelijker is. De eieren van de Zompsprinkhaan kunnen niet goed tegen overstroming, maar mogen ook niet uitdrogen, waardoor de soort gebonden is aan graslanden met een enigszins stabiel grondwaterpeil. Vermoedelijk zijn dergelijke plekken sterker afgenomen door aantasting, wat zou verklaren dat de Zompsprinkhaan ook zeldzamer is dan de Moerassprinkhaan. Bovendien is de Zompsprinkhaan in principe niet in staat om te vliegen door de gereduceerde achtervleugels, hoewel volledige gevleugelde individuen soms in populaties voorkomen. De soort kan dus wel nieuwe plekken die tijdelijk ongeschikt waren herkoloniseren, maar zowel zijn vermogen als de noodzaak daartoe zijn minder groot. Evenals voor planten (Ozinga 2008) kan water ook een belangrijke dispersievector zijn voor dieren. Sommige soorten lijken daar juist op in te spelen. Zo worden eieren van de Gouden sprinkhaan (*Chrysochraon dispar*) afgezet in dood hout of stengels, die met de stroming kunnen worden meegevoerd en dit zou een belangrijke manier van verspreiding kunnen zijn in rivier- en beekdalen (Hochkirk 1996). Een andere manier waarop de Gouden sprinkhaan zich kan verspreiden, is via langvleugelige exemplaren, maar langvleugelige vrouwtjes kunnen waarschijnlijk veel minder eitjes leggen. Boeren (2006) geeft aan dat in het Maasdal en langs de Geul geen langvleugelige dieren zijn aangetroffen en dat bijna alle plekken die in het Maasdal zijn bevolkt, de laatste jaren zijn geïnundeerd, wat waarschijnlijk maakt dat de toename in het Maasdal wordt veroorzaakt door aangespoeld plantenmateriaal met eieren. Ook loopkevers kunnen met het water worden getransporteerd: veel soorten kunnen zwemmen of hebben aanpassingen om lange perioden onder water te overleven (Andersen 1968). Er zijn soorten, zoals de langvleugelige *Bembidion atrocaeruleum*, die juist bij inundatie een hogere dispersie vertonen (Bates et al. 2006). In algemene zin geldt echter dat er weinig informatie beschikbaar is over de negatieve effecten van versnippering op ongewervelde dieren. Gezien het oorspronkelijk continue karakter van een beekdal zal dit naar verwachting wel hebben geleid tot een verarming van de ongewervelde fauna en zal uitbreiding van bestaande snippers en het herstellen van verbindingen zowel in de lengterichting (langs de beek) als in de breedte (herstel gradiënt van beekloop naar beekdal) van grote betekenis zijn voor ongewervelden.

Het voorkomen van specifieke plantensoorten is een andere sleutelfactor voor sommige ongewervelden. Hiervan zijn vele voorbeelden te geven. Zo zijn bladkevers vaak gebonden aan een heel specifieke leefomgeving, veelal veroorzaakt door een sterke binding aan een of enkele plantensoorten (Beenen 2001). Een voorbeeld is de Gele helmkruidadvlo (*Longitarsus agilis*), die karakteristiek is voor terreinen in Zuid-Limburg waar Geoord helmkruid (*Scrophularia auriculata*) in kwelmilieus groeit, zoals in het dal van de Strijthagerbeek. Een ander voorbeeld bieden gespecialiseerde bloembezoekers. Zo is de Tuinhommel (*Bombus ruderatus*) een karakteristieke en bedreigde hommel. Deze soort heeft een lange tong en is gespecialiseerd op vlinderbloemigen (*Fabaceae*). Waarschijnlijk is ze achteruitgegaan door het verlies van hooilanden die rijk zijn aan vlinderbloemigen, (Goulsen et al. 2005).

Andere sleutelfactoren die van belang zijn voor de ongewervelde fauna, zijn onder meer microklimaat en vochtgehalte van de bodem, die bijvoorbeeld van belang zijn voor bladkevers (Beenen 2001). Voedselrijkdom en temperatuur zijn van belang voor de secundaire productie. Zo toonden Sabo & Power (2002) aan dat in het zomerseizoen de productiviteit van terrestrische ongewervelden in een beekdal zo hoog was dat er geen effect was van verschillende dichtheden aan predatoren, in dit geval hagedissen. Deze verschillende factoren staan trouwens niet los van elkaar. Zo is voor een aantal soorten loopkevers de oevervorm (steilheid, diepte) samen met het

hydrologische regime (overstromingen door piekafvoeren) sturend in het voorkomen van karakteristieke soorten (Van Looy et al. 2005).

Van uitermate grote betekenis ten slotte is het beheer. Bij gebrek aan kennis over soortspecifieke knelpunten moet hier worden volstaan met de vaststelling dat het behoud en de ontwikkeling van ruimtelijke variatie belangrijk is. Eén van de belangrijkste factoren voor het verlies aan ongewervelden in beekdalen is de nivellering van het de natuur, ook wel aangeduid als het minder rommelig worden van ons landschap, het verlies van kleinschalige variatie of het ontstaan van een eenvormig landschap. De door habitatvernietiging resterende natuursnippers bieden bovendien slechts een beperkt oppervlak waarop deze heterogeniteit zich kan manifesteren. In combinatie met intensivering van de landbouw is het oppervlak waarop gradiënten en mozaïeken in stand dienen te worden gehouden of waar zij kunnen worden ontwikkeld, veelal te gering. Bates et al. (2007) suggereren eveneens dat een groter oppervlak aan meer keversoorten onderdak zal bieden omdat zich dan door verschillen in relief en afstand tot het water een sterkere differentiatie in onder andere temperatuur, overstromingsfrequentie, voedselbeschikbaarheid en vegetatiestructuur kan ontwikkelen. Tenslotte kunnen soorten ondanks geschikte condities ontbreken omdat door versnippering (her-)kolonisatie moeilijker is geworden.

Meer specifieke beheersaspecten die vanuit de ongewervelden naar voren komen zijn met name gericht op fasering en maatwerk. Lambrechts (2002) concludeert namelijk dat 'grootschalig' maaibeheer en intensieve begrazing in elk geval negatief zijn voor vegetatiebewonende sprinkhanen, spinnen en voor vele andere diergroepen zoals dagvlinders en reptielen. Voor spinnen die hun eicoon tussen vegetatie hangen en sprinkhanen die hun eieren in de vegetatie afzetten (en niet in de bodem) geldt bovendien dat hun nakomelingen eveneens door dit beheer bedreigd worden. Onder andere voor de Gouden sprinkhaan die halfhoge vegetaties prefereert en de eieren in planten afzet, zal het in zijn geheel maaien van graslanden na de eileg in eind juli negatief uitpakken (Heutz & Verheyen 1998). Extensieve begrazing is voor de Gouden sprinkhaan en andere soorten een interessante beheersvorm omdat het een grote diversiteit aan microhabitats oplevert door de aanwezigheid van ruimten, kortgrazige plekken en de overgangen tussen beide. Beenen (2001) vond voor bladkevers in het dal van de Strijthagerbeek dat waardevolle soorten relictgewijs in het gebied nog aanwezig waren en dat derhalve maatwerk nodig is om deze soorten voor het gebied te behouden en langzaam uit te kunnen laten breiden naar aangrenzende gebieden. Afhankelijk van het terreindeel werd voorgesteld om gefaseerd te maaien, bosopslag te voorkomen, of totale kroonsluiting tegen te gaan. Keulen (1999) vond dat de hooilanden en de verlandingssituaties de meest waardevolle biotopen vormen voor landslakken. Om deze slakken duurzaam te behouden is voldoende dynamiek nodig om periodiek de successie terug te zetten alsmede voldoende oppervlakte waarop de successiestadia zich kunnen ontwikkelen. Dit kan worden bereikt door het gebied sterk uit te breiden en de Geleenbeek te laten meanderen. Een meer kunstmatige oplossing is om eens in de 50 jaar direct naast de beek een gebied deels te ontgronden tot circa 75 cm diepte.

Naast het verbeteren van de kwaliteit en het verhogen van de interne variatie (veelal bij grotere natuurgebieden) liggen er via uitbreiding van het oppervlak kansen voor ongewervelden (veelal bij kleinere natuursnippers). Veel natuursnippers in het beekdallandschap bestaan uit relatief schrale, natte of open stukken die deels nog biotische waarden herbergen. Het herstellen en ontwikkelen van overgangen van deze delen naar wat voedselrijkere, drogere of meer beschaduwde delen zal juist voor veel diersoorten interessant zijn. Mits aangrenzende delen verworven kunnen worden, kunnen deze overgangen worden ontwikkeld zonder dat dit ten koste gaat van het kleine oppervlakte van bestaande natuurpercelen. Bovendien zijn voor deze nieuwe gebiedsdelen de kwaliteitseisen ten aanzien van bijvoorbeeld trofiegraad en vochtigheid minder strikt.

4.4.3 Korfslakken

De twee korfslakken, Zeggekorfslak (*Vertigo moulinsiana*) en Nauwe korfslak (*Vertigo angustior*) van Bijlage II van de Habitatrictlijn, komen beide voor in beekdalen van

Zuid-Limburg. De Zeggekorfslak is een landslakje met een rechtsgewonden huisje en is duidelijk forser (2,1-2,9 mm hoog) dan de Nauwe korfslak (tot 1,9 mm hoog), die een linksgewonden huisje heeft. De biologie van beide soorten komt sterk overeen maar lijkt op een aantal punten subtiel te verschillen (Boesveld et al. 2007; De Bruyne & Gmelig Meyling 2007; Gmelig Meyling & De Bruyne 2006; Gmelig Meyling et al. 2006; Janssen & Schaminée 2008; Killeen 2003).

Korfslakken zijn hermafrodiet en in staat tot zelfbevruchting. Voor de Zeggekorfslak wordt vermeld dat dit de regel is. Bij de Nauwe korfslak komt dit waarschijnlijk minder vaak voor. Vooral in het vroege voorjaar zijn de dichtheden laag, doordat wintersterfte aanzienlijk is. De trefkans is dan gering, maar door zelfbevruchting kan de populatie snel weer worden opgebouwd. Bovendien kan op deze wijze een enkel individu een populatie stichten op een nieuwe plek. Beide soorten zetten de eieren af in de strooisellaag, maar de Zeggekorfslak bevindt zich gedurende zomer en najaar hoger in de vegetatie. Overwintering vindt ook deels plaats in de strooisellaag. De kleinere Nauwe korfslak daarentegen blijft voornamelijk in de strooisellaag en heeft een beperktere actieradius. De fenologie is voor zover bekend ook verschillend. Voortplanting van de Zeggekorfslak vindt hoofdzakelijk in de (vroege) zomer plaats, en in het najaar bestaat het grootste deel van de populatie uit juveniele slakken die ook overwinteren. De meeste volwassen exemplaren van de Nauwe korfslak worden in zomer en najaar aangetroffen en dan worden ook de meeste eieren afgezet. Overwintering vindt waarschijnlijk grotendeels in het eistadium plaats, hoewel volwassen nauwe korfslakken op geschikte plaatsen ook overwinteren. Zo is waargenomen dat tijdens relatief zachte winter de dieren groepsgewijs overwinteren. Overigens zijn de eieren relatief groot en worden ze apart of in groepjes van twee afgezet. Ze ontwikkelen zich snel (1-2 weken) en ook de jongen bereiken onder gunstige condities snel de maximale grootte (1-2 maanden). Hierdoor kunnen meerdere generaties per seizoen worden voltooid en kan de soort zich onder gunstige condities snel uitbreiden.

De Zeggekorfslak voedt zich met schimmels die parasiteren op de moerasplanten. De soort wordt in Zuid-Limburg hoofdzakelijk op Moeraszegge (*Carex acutiformis*) aangetroffen, maar kan ook op een reeks andere planten worden aangetroffen zoals Pluimzegge (*Carex paniculata*), Oeverzegge (*Carex riparia*), Scherpe zegge (*Carex acuta*) en Liesgras (*Glyceria maxima*). Het voedsel van de Nauwe korfslak bestaat uit afgestorven (detritus) en rottend organisch materiaal van niet houtige planten en micro-organismen, zoals schimmels die bij dit rottingsproces horen.

De korfslakken worden aangetroffen op vochtige, kalkrijke locaties. De Zeggekorfslak bezet een zeer specifiek biotoop, met name in Zuid-Limburg, waar de vindplaatsen in beekdalen liggen, in elzenbroekbos met een ondergroei van grote zeggensoorten (vooral Moeraszegge) op de overgang naar hogere gronden waar kwel optreedt. Buiten Zuid-Limburg is de slak ook aangetroffen op plekken waar geen sprake is van kwel. Echter ook daar is het voorkomen zeer plaatselijk en is de soort kennelijk gebonden aan specifieke omstandigheden. Waarschijnlijk is kwel zelf niet de doorslaggevende factor, maar een combinatie van factoren (hoge luchtvochtigheid, rijkdom aan kalk en een dichte moerasvegetatie met goed ontwikkelde strooisellaag), die tevens juist een kwelplek karakteriseren. Mogelijk speelt voor de overwintering ook de afwezigheid van extreem lage temperaturen een rol. Kwelrijke omstandigheden (maar ook bossen of het gematigde zeeklimaat) kunnen extreme temperaturen dempen. De biotoopvoorkeur van de Nauwe korfslak is iets minder specifiek. In Zuid-Limburg leeft de soort in en nabij enkele kwelmoerassen en kalkrijke plaatsen (waaronder kalkrijke (beekdal)grasland en op de Hoge Fronten in Maastricht). Buiten Zuid-Limburg wordt deze soort vooral, maar niet uitsluitend, aangetroffen in kalkrijke duingraslanden. Kalkrijke omstandigheden zijn waarschijnlijk een belangrijke vereiste, want als daaraan voldaan is kan de soort zich in uiteenlopende milieus handhaven.

Samengevat zijn de habitateisen van beide korfslakken: kalkrijke omstandigheden, hoge (lucht)vochtigheid, goed ontwikkelde strooisellaag, en (voor de Zeggekorfslak in Zuid-Limburg) een dichte vegetatie met Moeraszegge. Oorzaken van achteruitgang grijpen in op de deze factoren. Voor de achteruitgang van de Zeggekorfslak in het

Geleenbeekdal worden de volgende oorzaken genoemd: bebouwing van het gebied, kanaliseren en verlegging van de Geleenbeek, ontwatering van moerassen en moerasbossen, verandering van moerasbos in landbouwgebied, aanleg van industriegebieden en (snel)wegen, herinrichting voor onder andere recreatie, storten van mijnsteen en kolenslib en tenslotte sterke verbossing, waardoor de zeggevegetatie te ijl voor de soort is geworden. Voor de Nauwe korfslak wordt de verruiging van kalkrijke graslanden als gevolg van vermesting als oorzaak voor de achteruitgang genoemd. Bovendien zijn beide korfslakken gevoelig voor verzuring en kan verbossing met eiken en andere bomen die verzuring van de humuslaag tot gevolg hebben, nadelig zijn. Tenslotte kan vernatting een probleem zijn, omdat ook de korfslakken voor hun ei-afzetting en deels voor de overwintering is aangewezen op een vochtige, niet-geïndeerde strooisellaag. Vooral in het voorjaar worden zeggekorfslakken meer op oude dorre plantendelen waargenomen dan op de recent uitgelopen groene delen.

Lokaal beheer kan niet ingrijpen in de hydrologie die voor de korfslakken, en met name voor de Zeggekorfslak, doorslaggevend is. Echter kan met maaien, begrazen, kappen wel worden gestuurd in de luchtvochtigheid, lichtval, vegetatiestructuur en -soortensamenstelling. Het kappen van bomen kan noodzakelijk zijn om volledige beschaduwing tegen te gaan. Met maaien en begrazen kan verruiging worden tegengegaan. Maaien kan op de korte termijn een probleem vormen. Met het maaisel worden veel slakken afgevoerd en de kort gemaaide vegetatie biedt op korte termijn geen geschikt biotoop. Dit kan echter wel een belangrijke maatregel zijn om op lange termijn voor de zeggekorfslak een dichte moerasvegetatie te behouden dan wel te ontwikkelen. Deze ingreep zou derhalve zeer geschikt zijn om in de buurt van bestaande populaties nieuw leefgebied te creëren. Buiten Zuid-Limburg is bekend dat massieve pollen van bijvoorbeeld pluimzegge een belangrijke rol kunnen vervullen bij het behoud van populaties doordat ze als 'overlevingseilanden' fungeren. Van begrazing is duidelijk dat dit een probleem oplevert door vertrapping van slakken of door hun invloed op de structuur en dichtheid van de vegetatie. Uitrasteren van de natte delen kan hierbij een optie zijn. Niets doen of zeer extensief (gefaseerd) maaien zijn goede beheersmethoden, mits daarmee verruiging en verbossing wordt voorkomen.

5 Aantastingen en bedreigingen

De rijkdom aan planten, dieren en levensgemeenschappen in de Zuid-Limburgse beekdalen, zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk (Hfst. 4), zou de indruk kunnen wekken dat het met eventuele aantastingen en bedreigingen in dit gebied wel mee zal vallen, maar niets is minder waar. Er is in het Heuvelland sprake van een groot aantal knelpunten, dat in het hiernavolgende toegelicht zal worden. We maken daarbij onderscheid in knelpunten die te maken hebben met de hydrologie van de beekdalen (verdroging), het voedingsstoffenniveau ervan (eutrofiëring) en de morfologie van de beeklopen zelf. Aan het eind van de afzonderlijke paragrafen zal worden aangegeven op welke natuurwaarden deze knelpunten van invloed zijn.

5.1 Verdroging

De hydrologische gesteldheid is waarschijnlijk de meest cruciale factor voor de leefomstandigheden van de 'natte natuur' in beekdalen, en verdroging de grootste bedreiging. Deze kent vele gezichten, die samenhangen met drainage, grondwaterwinning en grondgebruik. De belangrijkste aantastingen omvatten:

▣ Een vergrote afvoerdynamiek van de beken in hoge beekdalen, die diep ingesneden liggen in hun dalflanken. Dit is deels toe te schrijven aan een versterkte (stedelijke) afwatering, maar is ook een voortschrijdend proces als gevolg van lang geleden veranderde afvoerdynamiek. In voorkomende gevallen is zelfs sprake van het wegspoelen van beekfauna door de combinatie van een smal stroombed en hoge pieken in de stroomsnelheid van het water, en het feit dat er geen of weinig, ondiepe laag-dynamische aquatische en semi-aquatische milieus in de beekdalen resteren. Wellicht ontbreken als gevolg hiervan tegenwoordig bepaalde biotische componenten in de Zuid-Limburgse heuvellandbeken.

▣ Verdroging en kwelvermindering door ontwatering. In de Zuid-Limburgse beekdalen is veel detailontwatering aanwezig, zowel in diepe en hoge dalen als op kwelplekken op de hellingen. Dit is een zwaar onderschat probleem omdat de ontwatering ten dele onzichtbaar is: er is sprake van buisdrainages en sloten kunnen uitzien als (natuurlijke) bronbeekjes. Het verwijderen van deze detailontwatering zal tot een sterk herstel leiden van de natte componenten in beekdalen, omdat de grote kwelpotentie voor de beoogde natte natuur beter benut kan worden. Belangrijk is de vraag of in diepe dalen het verwijderen van de detailontwatering voldoende zal zijn of dat ook hier ook beekpeilverlaging een groot aandeel heeft in de verdroging door (zie hierna).

▣ Verdroging en kwelvermindering door beekpeilverlaging als gevolg van het verwijderen van stuwen in beken ten behoeve van watermolens. Het opheffen van stuwen kan een groot regionaal effect hebben op de waterhuishouding van de diepe beekdalen. Onduidelijk is hoe omvangrijk en hoe sterk het effect van de molenstuwen was. In feite beschikken we alleen over goed gedocumenteerde, kwantitatieve informatie voor de Jeker (Vermulst & De Mars 2003). Ook is onduidelijk is of de beken zich nog verder zullen insnijden (de Geul kan bij piekafvoeren grind transporteren!). Bekken met hun bedding in de Pleistocene basis (zoals Geul, Gulp en Worm), zullen een belangrijk deel van het ex-filtrerende grondwater in deze diepe dalen draineren. Bij verbreding van de Geul en Worm door het weghalen van oeverbeschoeiing zullen

de beken de dalvlakte meer gaan draineren. Dit leidt in de oude dalvlakte tot een verminderde toestroming en in het verbrede stroombed juist tot meer kwelmilieus.

⊞ Verdroging en kwelvermindering door beekpeilverlaging als gevolg van beekkanalisatie en beeknormalisatie. Dit speelt onder meer sterk in het dal van de Geleenbeek en diverse kleine beken. De huidige beekherstelpraktijk lost dit knelpunt niet op, omdat herprofilering plaatsvindt op het huidige, diepe niveau. Voor een gedegen beekdalherstel is een meer integrale aanpak vereist.

⊞ Verdroging en kwelvermindering door grondwateronttrekkingen voor drinkwater en industrie. In diepe dalen op het kalksteenpakket hebben nabijgelegen grondwaterwinningen in het kalksteengebied lokaal groot effect. Effecten van diverse grondwateronttrekkingen in het westelijke deel van het Heuvelland zijn minder duidelijk. Veel van de 'natte natuur' hier is afhankelijk van toestroming van grondwater uit Oligocene en Miocene afzettingen. De doorwerking van grote verlagingen van de stijghoogte van het water in onderliggende pakketten (vooral in het kalkgesteente) is moeilijk te kwantificeren. Beschikbare hydrologische modellen zijn alleen gericht op stijghoogten in kalksteen, de hydrologie van het Tertiaire systeem is moeilijk te modelleren. Ook bestaat er weinig zicht op particuliere wateronttrekkingen. Bij het slaan van putten door *multilayer* watervoerende pakketten kunnen lekkages ontstaan naar het onderliggende goed doorlatende pakket, zeker als die putten met goedkope boormethoden worden geplaatst.

Verdroging en kwelvermindering door de aanleg van kanalen. Het Jekerdal is in het begin van de 20ste eeuw sterk verdroogd door de aanleg van het Albertkanaal, waarvan de effecten versterkt werden door het verwijderen of verlagen van molenstuwen en door grondwateronttrekking voor bemaling van de kalksteengroeve in de Sint-Pietersberg.

⊞ Toekomstige verdroging en kwelvermindering door het Grensmaasproject. Op dit moment wordt onderzocht wat de mogelijke effecten van dit project zullen zijn op de waterhuishouding in de omgeving. Huidige modellen geven aan dat er een mogelijke invloed zal zijn aan de hellingvoet van het Elsloërbos. Ontgrinding leidt hoe dan ook tot het irreversibel verwijderen van een slecht doorlatende toplaag in het Maasdal, waardoor het dal via grind- en zandlagen en deels ook via het aansluitende kalksteenpakket sterker zou kunnen gaan ontwateren.

Een sterke afname van wisselvochtige plekken op de plateaus door intensivering van het grondgebruik. Door stagnatie van regenwater waren vroeger op de plateaus veel natte terreindelen aanwezig (kuilbrikgronden). Onduidelijk is welk proces aan deze vorm van verdroging ten grondslag ligt. Mogelijk heeft het te maken met veranderingen in het agrarische groundbewerking.

⊞ Minder grondwateraanvulling door een toename van *run-off*. Het is onduidelijk of dit op grote schaal optreedt. Een studie naar het afvoerregime van de Geul geeft geen aanwijzing voor grote veranderingen hierin gedurende laatste halve eeuw. Het patroon van het grondgebruik is met uitzondering van de mijnstreek (in het noordoostelijke deel van het Heuvelland) in de loop van de 20ste eeuw weinig veranderd. Mogelijk is wel sprake van een sterkere bodemverdichting door het gebruik van zwaardere landbouwmachines. In het noordoostelijke deel van het Heuvelland is ongetwijfeld sprake van een sterke afname van de grondwateraanvulling door de ongebreidelde urbanisatie van de mijnstreek. Zo lijken piekafvoeren van de Eyserbeek te zijn toegenomen door aanleg van industrieterrein in de oorsprong van dit beekdal. Ook grote infrastructurele werken zoals een mogelijke uitbreiding van Airport Maastricht-Aachen bij Beek zou kunnen leiden tot een verminderde grondwateraanvulling.

⊞ Een potentieel knelpunt tenslotte is verdroging en verminderde grondwateraanvulling door kunstmatige beregening. Grootschalige beregening op de plateaus vindt momenteel nog niet plaats, maar in landbouwkringen wordt hier wel

over nagedacht. Zulke beregening kan grote effecten hebben op de voeding van kwelplekken en bronnen.

5.1.1 Bedreigingen als gevolg van verdroging

Verdroging vormt voor alle natuurwaarden in de Zuid-Limburgse beekdalen een ernstige bedreiging. Voor de vegetatie is het naast directe habitatvernietiging, vermessing en verruiging door ontoereikend beheer de belangrijkste oorzaak van de achteruitgang. Zowel voor de bossen als voor de moerassen en natte graslanden geldt dat de soortenrijke gemeenschappen, die hier in principe voorkomen, ernstig aan floristische diversiteit inboeten, waarbij een of enkele soorten tot dominantie komen.

De bedreigingen voor de fauna als gevolg van verdroging gelden niet alleen voor de terrestrisch maar ook voor de aquatisch levende soorten. Door beekpeilverlaging als gevolg van normalisatie of het verdwijnen van molenstuwen kan de beek een lager peil voeren, waardoor een deel van de natuurlijke beekoever bijvoorbeeld voor vissen onbereikbaar wordt. Een belangrijk voedselgebied en een groot aantal natuurlijke schuilplaatsen is hierdoor niet of slechts tijdelijk beschikbaar. Wanneer ook de inundatie van het beekdal als gevolg hiervan afneemt, kunnen de paaiplaatsen voor sommige soorten verloren gaan. Voor de Kwabaal zijn inundatiezones in beekdalen in de winter van belang als paaiplaats en opgroeiplaats voor broed. Langdurige inundatie van beekdalen komt echter bijna niet meer voor, en een soort als de Kwabaal is mogelijk mede hierdoor in het stroomgebied van de Geleenbeek (Middelsgraaf) uitgestorven of zeer zeldzaam geworden (Gubbels in Crombaghs et al. 2000).

Voor het leefgebied van amfibieën vormt verdroging van de beekdalen vooral voor de Geelbuikvuurpad een groot probleem. Van doorslaggevend belang voor duurzame overleving is de beschikbaarheid van semi-permanente wateren, die door verdroging zeer sterk in aantal zijn afgenomen. Locaties waar na perioden van overtollige neerslag wekenlang water kan stagneren, zijn eigenlijk bijna nergens meer aanwezig. Zowel de mogelijkheden tot voortplanting als de mogelijkheden tot dispersie nemen als gevolg van verdroging dramatisch af. Voor de Vroedmeesterpad vormt verdroging een minder sterke bedreiging vanwege de geringe eisen die worden gesteld aan aard en omvang van de voortplantingswateren. De soort plant zich ook met succes voort in bronpoelen, tuinvijvers, veedrinkpoelen, en dergelijke. Hetzelfde geldt voor de Vuursalamander. De soort komt uitsluitend voor in bronbossen waar al decennia lang sprake is van de aanwezigheid van goed ontwikkeld loofbos. Vaak gaat het hierbij om natuurgebieden waarin de laatste dertig jaar weinig in het landgebruik is veranderd. Diffuse afvoer van kwelwater via ondiepe greppels, bronpoelen en bronvijvers is voor de soort wel een levensvoorwaarde. Door stagnatie van regenwater waren er vroeger veel natte delen op plateaus. Voor vochtminnende soorten kunnen dergelijk plekken in het verleden belangrijk stapstenen zijn geweest tussen de afzonderlijke beekdalen zijn geweest.

Voor vier van de vijf aandachtsoorten onder vlinders (het Klaverblauwtje uitgezonderd) vormt verdroging in beekdalen een groot probleem. Het draineren van kwelstromen op de beekdalflanken is een van de belangrijkste factoren die tot het vrijwel volledige verlies van het leefgebied voor Rode vuurvlinder, Moerasparelmoervlinder en Zilveren maan hebben geleid. Voor de Purperstreepparelmoervlinder zijn er weliswaar ruigten met Moerasspirea overgebleven, maar ook deze zijn vermoedelijk onder invloed van verdroging in kwaliteit achteruitgegaan. Voor de in Hoofdstuk 4 genoemde libellen is het verhaal niet veel anders: met name de jongere stadia zijn gevoelig voor droogvallen, waarbij een periode van van enkele dagen of weken droogliggen al kan leiden tot het verdwijnen van populaties. De Mercurwaterjuffer is mede hierdoor uit Nederland verdwenen. Droogval is ook voor de Gewone bronlibel en de Bosbeekjuffer een belangrijk oorzaak van achteruitgang.

5.2 Eutrofiëring en toxische stoffen

Evenals verdroging kent eutrofiëring verschillende verschijningsvormen, waarbij de toestroom van meststoffen kan geschieden via het grondwater, het oppervlaktewater of via de lucht. In het bijzonder voor de aquatische fauna vormt de lozing van toxische stoffen daarnaast een ernstige bedreiging.

▣ Sterke eutrofiëring van oppervlaktewater door bemesting. Grootschalige bemesting in de stroomgebieden van de Heuvelland zorgt en heeft gezorgd voor vermesting. Het oppervlaktewater is sterk vervuild door oppervlakkige afspoeling en zogenaamde *subsurface flow*. Bij afvoerpieken wordt veel slibrijk water aangevoerd met veel geadsorbeerd fosfaat. Aan de bovenrand van hellingen vindt ook sterke inspoeling van meststoffen plaats vanuit belendende landbouwgronden. In het bijzonder kleine stukken natuur in dalletjes en op dalflanken kunnen snel beïnvloed worden door *run-off* van eutroof water.

Sterke eutrofiëring door lozing van rioolwater en effluenten. In het bijzonder de Jeker, Gulp en Geul worden sterk belast door rioolwater uit het gehele toestroomgebied, inclusief België. Ook door een aantal kleinere beken, zoals de Eyserbeek, geldt dat effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties een groot aandeel heeft in de basisafvoer. De precieze impact van de lozingen en de mate waarin waterzuivering een positieve rol speelt is nog onvoldoende onderzocht of geëvalueerd. Een effect dat zijn eigen betekenis heeft, in het bijzonder op de aquatische fauna, is de aanwezigheid van toxische stoffen in de lozingen. De Jeker bijvoorbeeld is sterk belast met toxische stoffen.

Sterke eutrofiëring van grondwater door bemesting. Bemesting op plateaus en hellingen zorgt (en heeft gezorgd) voor een sterke vervuiling van het grondwater. Er is sprake van hoge nitraat- en sulfaatgehalten. Nitraat zorgt voor directe eutrofiëring en sulfaat voor indirecte verrijking, op plekken waar grondwater in gebieden met bodems die rijk zijn aan organische stof opkwelt (mineralisatie en desorptie van fosfaat). De hoger gelegen, ondiepe grondwatersystemen zijn het sterkst vervuild; hier is sprake van de hoogste nitraatgehalten. Lagere gelegen bronnen hebben vaak een lager nitraatgehalte. In bebouwde kernen kan ook lokale vervuiling van het grondwater optreden door afvalwater. In kalksteenpakketten tenslotte kan sterke vervuiling met nitraat, sulfaat en fosfaat optreden bij *flushes* van grondwater door spleten en gangen als gevolg van neerslagpieken.

▣ Een lokaal probleem in beekdalen, in het bijzonder in de bron- en kwelgebieden, is de eutrofiëring die optreedt via bladstrooisel, vooral van populierenaanplantingen. Het kappen van bos waaronder populierenopstanden kunnen daarentegen ook leiden tot eutrofiëring doordat de bodem meer opwarmt. Verdroogde kwelgebieden met een bodem die rijk is aan organische stof, zijn hiervoor extra gevoelig.

5.2.1 Bedreigingen als gevolg van eutrofiëring en toxische stoffen

Zoals hiervoor onder verdroging al werd aangestipt, is eutrofiëring een andere hoofdrolspeler op het speelveld van bedreigingen in het Heuvelland. En ook de vermesting is van invloed op het gehele spectrum van natuurwaarden, al moet hier wel enig onderscheid worden gemaakt. Zo zijn de bronbossen van het Heuvelland door hun ligging binnen grotere hellingcomplexen in de meeste gevallen beter gebufferd tegen bedreigingen als toevoer van meststoffen vanuit de directe omgeving dan de meeste beekbegeleidende bossen. Toch zijn ook zij slechts ten dele afgeschermd van negatieve invloeden. Door de toevoer van sterk vermist grondwater worden ook de bronbossen en vochtige bossen in deze complexen sterk bedreigd. Het funeste daarvan is dat deze eutrofiëring nog lang zal doorgaan, omdat zelfs bij een volledige bescherming van het intrekgebied nog decennialang vermist grondwater kan toestromen. Alleen bronbossen met voeding uit diepe, Miocene pakketten zijn (voorlopig) nog gevrijwaard van vermesting via het grondwater. Voor kwelafhankelijke moerassen en graslanden geldt hetzelfde: ook zij hebben vaak te lijden hebben of krijgen van eutrofiëring via het grondwater.

De aanwezigheid van grote hoeveelheden meststoffen in de bodem vormt een ernstig probleem bij het herstel van natte ecosystemen op voormalige landbouwgronden. Door het hoge calciumgehalte en door hoge leem- en lutumgehalten in de bodem bestaat een grote bindingscapaciteit voor fosfaat, zoveel is bekend, maar tal van vragen zijn nog onbeantwoord. Al met al is weinig geochemisch onderzoek gedaan naar (voorheen) natte bodems in de beekdalen van Zuid-Limburg. Hoe diep zijn de fosfaatprofielen en is afgraven een optie of levert dat te diepe kuilen in de beekdalen op, zijn voorbeelden van zulke vragen. Bij vernatting kan veel fosfaat vrijkomen, omdat bij reductie van de bodem ijzerhydroxiden in oplossing gaan waardoor fosfaat desorbeert.

De meeste beekvissoorten paaien op zand, grind en stenen. Door eutrofiëring van het water vindt 'verkitting' van de grind-kiezellaag plaats door algen, schimmels en bacteriën. Losse stenen en los grind, waartussen sommige soorten nestkuilen maken zodat de eieren in het snelstromende water beschermd zijn tegen stroomafwaartse drift, komen dan nauwelijks meer voor, wat leidt tot een sterke afname van het aantal paaiplaatsen. Bovendien gebruiken met algen en bacteriën begroeide stenen 's nachts veel zuurstof, waardoor tijdelijk zuurstofarmoede in het beekwater kan optreden. Eieren en larven van beekvissen zijn hiervoor zeer gevoelig. Op paaiplaatsen van Zalm bijvoorbeeld moet het zuurstofgehalte constant hoger zijn dan 5,8 mg/l. De oudere levensstadia van beekvissen zijn meestal iets beter bestand tegen eutrofiëring dan de jongste leeftijdsklassen. Sterke eutrofiëring door lozing van rioolwater en effluënten vindt onder meer plaats in de Jeker, de Geul, de Gulp en de Eyserbeek. Met uitzondering van de laatste gebeurt een groot deel hiervan in het buitenland. Sommige zoetwatervissen zijn zeer gevoelig voor toxische stoffen. Dit geldt bijvoorbeeld voor Beekdonderpad, Elrits en Sneep, terwijl een dergelijke gevoeligheid bij soorten als Kopvoorn, Serpeling en Barbeel veel geringer lijkt te zijn (o.a. Alabaster & Lloyd 1982). Zowel in de Jeker (suikerbietenindustrie België) als in de Geul (vervuiling met cadmium en zink uit zinkmijnen) en de Geleenbeek (vervuiling vanuit voormalige steenkoolmijnen) speelde vervuiling met toxische stoffen in het verleden een rol. De Jeker veranderde in de jaren zestig van de vorige eeuw als gevolg hiervan van een van de meest soortenrijke beken van Nederland tot een 'afvoerkanaal van vervuild water', waarin zelfs de meest algemene vissoorten nauwelijks meer wisten te overleven. Lokaal in de omgeving van mijnsteenstort in beekdalen (Geleenbeekdal) kunnen toxische effecten van metalen optreden.

Wat betreft de amfibieën vormt eutrofiëring van het water door inspoeling met meststoffen vooral voor de Vuursalamander een bedreiging. Een hoge mate van helderheid van het water is van belang omdat de carnivore larven op het oog foerageren, waarbij ze reageren op de bewegingen van de prooidieren. Bij de Geelbuikvuurpad en de Vroedmeesterpad is enige eutrofiëring vermoedelijk geen probleem, omdat de larven overwegend vegetarisch zijn. Wanneer eutrofiëring leidt tot het dichtgroeien van de wateren met water- en oeverplanten, vormt dit echter wel een belangrijke bedreiging. Hierdoor wordt voldoende opwarming van het water voorkomen, waardoor de ontwikkeling van de larven wordt geremd. In het landhabitat leidt eutrofiëring vrijwel altijd tot vermindering van de vegetatie en daardoor tot een afname van de instraling van zon op de bodem.

Voor alle vijf geselecteerde dagvlinders is naast habitatvernietiging en verdroging, eutrofiëring vermoedelijk de belangrijkste oorzaak van hun achteruitgang en/of verdwijnen. Zowel de waardplanten als de nectarbronnen zijn door de toegenomen voedselrijkdom in aantal gedecimeerd en de verhoogde productie zorgt voor een koeler microklimaat in het voorjaar. Voor het Klaverblauwtje, met Rode klaver als waardplant, is de bedreiging van eutrofiëring mogelijk minder groot, maar de open vegetatiestructuur die bij de ei-afzetting wordt geprefereerd, is toch juist ook in minder productieve vegetatie te vinden. Voor de besproken libellen leidt vermesting tot een nivellering van de vegetatie en verder ook tot zuurstofloosheid, algenbloei, een dikke detrituslaag en vertroebeling van het water.

5.3 Veranderingen in de hydrodynamiek en in stromingspatronen van het oppervlaktewater

Zoals in de inleidende hoofdstukken uitvoerig is besproken, hebben de Zuid-Limburgse beken en beekdalen in de loop van de geschiedenis grote veranderingen ondergaan, waarbij ook de morfologie van de beek en de daarmee gepaard gaande hydrodynamiek sterk zijn gewijzigd. Deze veranderingen omvatten onder meer:

Beeknormalisatie. Van natuurlijk stromende beeklopen is in Zuid-Limburg eigenlijk slechts in beperkte mate sprake. Door beeknormalisatie verdwijnt een groot deel van de structuurvariatie van de beekbedding en krijgt de beek een diep profiel met steile oevers. Veelal werd ook een stenen bedding aangebracht. Wel kennen de meeste beken nog korte of langere trajecten waar de meanderprocessen hun gang kunnen gaan, zoals bij de Jeker en de Geul en de meeste van haar zijbeken. Met name de Gulp kent in vrijwel het gehele landelijke gebied een vrije loop. Beken als de Geul, Jeker en Worm hebben in de loop van de tijd een meanderend lengteprofiel gekregen, waarvan de loop sterk is gefixeerd (zie hierna).

▣ **Fixatie van de beekoevers.** Op allerlei manieren zijn de beeklopen in het Heuvelland, net als elders in ons land, in de loop van de tijd in een keurslijf gekneld, onder meer door de aanleg van beschoeiingen. Bij veel (bron-)beken is dit echter slechts lokaal gebeurd. Door de fixatie ontstaat een relatief smal en diep stroombed met weinig structuurvariatie. Daardoor zijn de beddingen ook monotoon qua structuur. Recent bijvoorbeeld nog is de Jeker uitgediept. Langs de Geul daarentegen is een groot deel van het traject ontdaan van beschoeiing, waardoor de beekloop zich kan gaan verplaatsen en verbreden.

▣ **Het ontbreken van ondiepe, zwak stromende, laag-dynamische plekken.** De heuvellandbeken hebben zich onder invloed van de mens ontwikkeld tot smalle, snelstromende beken met een enkelvoudig lengteprofiel. Het aanbrengen van molenstuwen in het verleden zorgde voor een algehele vernatting van de beekdalen, had een zwakkere stroming van het water tot gevolg, maar resulteerde niet in ondiepe stroombeddingen.

Snelle afvoer van kwelwater. Door allerlei aangelegde waterloopjes vindt versnelde afvoer van het water plaats, waardoor diffuse waterbewegingen en plaatselijke infiltratie van kwelwater nauwelijks meer optreden. Eenmaal uit de grond gekomen stroomt het water via de loopjes snel weg.

Snelle afvoer van regenwater. Door het intensieve landgebruik en de toegenomen oppervlakte verhard oppervlak wordt het regenwater in het hellende gebied zeer snel afgevoerd naar de beken. Dit leidt tot kortstondige, maar hevige en frequente, piekafvoeren.

Vermindering van de overstromingsfrequentie en eventueel duur. In dalen met genormaliseerde beken is overstroming (nagenoeg) verdwenen. In het Geuldal treedt de laatste decennia ook veel minder overstroming op dan daarvoor. Mogelijk is het verwijderen van vele molenstuwen hier debet aan.

5.3.1 Bedreigingen als gevolg van veranderingen in de hydrodynamiek en in stromingspatronen van het oppervlaktewater

Beeknormalisatie en kanalisatie, die vooral zijn toegepast in de Geleenbeek en diverse kleinere beken, hebben doorgaans negatieve gevolgen voor de beekvisfauna omdat door het optreden van piekafvoeren, zeker als dit gepaard gaat met riooloverstorten (vluchtreactie). Hierbij kunnen grote aantallen vissen stroomafwaarts wegspoelen (drift). Drift is weliswaar een natuurlijk verschijnsel, maar bij genormaliseerde/gekanaliseerde beken treden veel kortere en heftiger piek met hoge stroomsnelheden op dan onder natuurlijke omstandigheden. Omdat in dergelijke situaties het stroombed meestal sterk is vastgelegd en/of overgedimensioneerd gaan

piekafvoeren niet meer gepaard met natuurlijke inundatie van het beekdal (stromingsluwe vluchtplaatsen). Als er al inundatie plaatsvindt, dan is deze van zeer korte duur, waardoor de inundatiezone eerder als een dodelijke val voor vissen functioneert dan als een belangrijke onderdeel van het totale leefgebied (paaiplaats, foerageergebied). In algemene zin kan gesteld worden dat het (vrijwel) ontbreken van ondiepe, laag-dynamische aquatische en semi-aquatische milieus in beekdalen voor zoetwatervissen erg ongunstig is, met name voor de jongste leeftijdsklassen.

Voor amfibieën is een vochtig landhabitat van levensbelang. In natuurlijke beekdalen wordt het water slechts langzaam aan het beekstelsel afgegeven, waardoor in de directe omgeving van bronnen, zeker als deze van oorsprong diffuus zijn, altijd vochtige omstandigheden heersen. Kanalisatie leidt echter tot versnelde waterafvoer in een landschap dat ook meestal met andere maatregelen geschikter is gemaakt voor de landbouw (opruimen van graften en holle wegen, kappen van overhoekjes en het overkluizen van bronnen). De kansen op succesvolle dispersie nemen voor soorten als de Geelbuikvuurpad daardoor zeer sterk af. Hetzelfde geldt voor de Vuursalamander. Voor de Vroedmeesterpad is dit in mindere mate het geval, aangezien de soort nog steeds goed op herstel van haar habitat blijkt te reageren.

Beekkanalisaties en -normalisaties, die in de meeste gevallen als hoofddoelstelling het verbeteren van de afwatering hebben, gaan veelal gepaard met het verwijderen van struwelen en bossen op de oevers van beken. Voor libellen van beschaduwde beekdelen zijn deze dan niet meer geschikt. Bosbeekjuffer en in de bovenloopjes ook de Gewone bronlibel zullen dit dan niet meer gebruiken voor voortplanting. Een belangrijk neveneffect is dat de inspoeling van organisch materiaal toeneemt, waardoor beekwater verrijkt wordt en de zuurstofconcentratie afneemt. Voor beide genoemde soorten is dit een ernstige bedreiging. Door het rechte trekken van de beek verdwijnen meanders en neemt de invloed van erosie en sedimentatie af. Hierdoor verdwijnt variatie in stroomsnelheid en bodemsamenstelling, waar larven van veel beekbewonende juist gebruik van maken. Bij genormaliseerde beken is het landschap zo ingericht dat de waterafvoer zo snel mogelijk verloopt. Dit leidt tot grote waterschommelingen. Hoge waterstanden in perioden met veel neerslag en lage waterstanden of droogval in droge perioden. Grote schommelingen in de waterstand zijn voor veel libellen ongunstig, bijvoorbeeld doordat waterplanten verdwijnen. Recht getrokken beken hebben een steile en strakke oever, die gemakkelijk gemaaid en geschoond kan worden. Op dergelijke oevers staat meestal geen hoge kruidrijke vegetatie, die rust- foerageer- en schuilmogelijkheden voor volwassen libellen (en andere beekgebonden fauna) biedt.

5.4 Veranderend landgebruik, herinrichting en versnippering

Veranderingen in het landgebruik zijn niet alleen van invloed op de waterhuishouding en op de toevoer van meststoffen in de Zuid-Limburgse beekdalen, maar resulteren ook in andere patronen in het landschap. De uitvoering van landinrichting, die momenteel in het Heuvelland (Mergelland-oost) plaatsvindt, heeft hierop een grote invloed, waarbij tevens kansen ontstaan voor een nieuwe en betere inrichting van het landschap. Veranderingen in het landgebruik en herinrichting kunnen op deze manier dus zowel de versnippering in de hand werken als deze juist (ten dele) opheffen.

Habitatvernietiging door intensief agrarisch grondgebruik. Ook verstedelijking zorgt voor het verdwijnen van beekdalhabitat door het dempen met grond.

▣ Ruimtebeslag op natte delen in beekdalen. Momenteel vinden in het gebied allerlei grondwerken plaats, die gepaard gaan met ruimtebeslag, ook in de natte delen van de beekdalen. Dit omvat onder meer de herinrichting of verlegging van wegen en paden, de aanleg van riolering en de aanleg van regenwaterbuffers en zandvangen.

Deze werkzaamheden kunnen een adequate herinrichting voor de natuur danig frustreren.

☞ Toename van permanent water door de aanleg van poelen en regenwaterbuffers. Ogenscheinlijk lijkt dit voor aquatische fauna een goede zaak, maar juist voor de meer kwetsbare en zeldzame soorten amfibieën kan het een bedreiging vormen doordat concurrentie wordt bevorderd. Zo is de aanleg van de vele honderden drinkpoelen in het Mergelland voor een soort als de Geelbuikvuurpad een schijnoplossing gebleken. Als voortplantingsplaats zijn ze slechts kort van betekenis en een groot nadeel is dat de dichtheid aan concurrerende soorten (andere amfibieën, waterinsecten) er sterk door toeneemt (Stumpel 2004). Tenslotte leiden ze de aandacht van het echte probleem af, waarbij de drinkpoelen door hun waterdichte laag (folie, beton, löss) verdoezelen dat het omringende landschap feitelijk steeds meer verdroogt.

Een nog weinig onderzocht probleem in de beekdalen van het Heuvelland, dat nauw samenhangt met de veranderingen in het landgebruik (en ook met de inrichting van de beeklopen), is erosie. De afspoeling van fijn materiaal vanaf de landbouwgronden, zoals löss en leem, leidt onder meer tot verkitting van de beekbodem (kiesel, grind en stenen) en daarmee tot verlies van goede paaiplaatsen voor zoetwatervissen. Door erosie is bij perioden van hoge neerslag het beekwater soms dagenlang sterk vertroebeld. De zeer fijne lössdeeltjes, die het water geheel bruin kleuren, hebben behalve een sterk negatief effect op de paaiplaatsen, ook een negatief effect op eieren en broed, omdat de deeltjes zich aan de eieren en kieuwen hechten en daardoor tot verstikking kunnen leiden.

Door intensivering van het landgebruik en schaalvergroting neemt ook de kans op inspoeling van eutrofiërende stoffen toe. Beweiding vindt vaak tot dicht aan de oever van de beken plaats, waardoor er meestal weinig ruimte is voor oeverbegroeiing. Bij het Klaverblauwtje zijn al diverse pogingen tot herkolonisatie in Zuid-Limburg teniet gedaan door het vroegtijdig maaien van bermen of graslanden waarin eitjes waren afgezet (mededeling I. Raemakers). Dit is exemplarisch voor de druk van intensief en grootschalig beheer op dagvlinders. Deze leidt zowel tot directe sterfte van eitjes of rupsen als tot het gebrek aan nectarbronnen voor de vlinders. De schaal en frequentie of timing van maaien zijn niet zelden óók in natuurgebieden te ver opgevoerd voor een adequaat aanbod van waard- en nectarplanten op voldoende kleine afstand voor de vlinders. De intensiteit van beweiding is daarvoor doorgaans eveneens te hoog. Versnippering van leefgebied vormde in het verleden voor beekvissen een groot probleem. De belangrijkste reden hiervoor was lange tijd de aanwezigheid van watermolens, waarvan eerder is beschreven dat deze een sterk vernattend effect hadden op de beekdalen. Marquet bijvoorbeeld schrijft in 1966 over de Jeker, dat zich hier in het verleden langs de hele loop veel watermolens bevonden. Hiervan worden 'tegenwoordig [...] op het Belgische gedeelte nog 20 molens aangetroffen en op het Nederlandse deel nog 7'. Omdat het water over grote delen van de beeklopen werd opgestuwd, was er sprake van een zeer groot aantal migratieknelpunten, waardoor vrije uitwisseling binnen de beeksystemen of tussen de Grensmaas en de heuvellandbeken slechts in beperkte mate mogelijk was. In de Geul was het aantal watermolens in een bepaalde periode zelfs zo hoog, dat het watere tijdelijk nauwelijks meer stroomde. Onder zulke omstandigheden is niet alleen de versnippering een probleem, maar wordt het hele leefgebied van stromingsminnende vissoorten verstoord. Tegenwoordig is het aantal watermolens sterk afgenomen, maar resteren nog wel enkele stuwen die als onneembare barrière voor vissen zijn aan te merken. Vooral voor de riviertrekvisser, waaronder Zalm, Zeeprik en Zeeforel, betekent dit dat potentiële paaiplekken en opgroeigebieden onbereikbaar zijn. Ook voor beekvissen met regionale migratie (Kopvoorn, Kwabaal, Serpeling en Barbeel) vormt dit een probleem. De niet passeerbare barrières zijn vaak al in de monding van de heuvellandbeken aanwezig, waardoor een groot deel van het stroomgebied niet bereikbaar is vanuit de rivier.

De aanwezigheid van migratieknelpunten wordt momenteel als een van de belangrijkste bedreigingen voor beekvissen beschouwd. Het waterschap Roer en Overmaas zal daarom doorgaan met het opheffen van vrijwel alle knelpunten. De opwekking van 'groene stroom' wordt voor moleneigenaars mogelijk een lucratieve

activiteit. Dit leidt tot de situatie dat er 24 uur per dag wordt gestuurd ten behoeve van de energieopwekking door de watermolens. Voor stromingsminnende vissoorten ontstaan er dan opnieuw harde vrijwel onneembare barrières. Een groot verschil met het verleden, toen de dichtheid aan watermolens weliswaar hoger was, is het feit dat er de molens toen regelmatig dagenlang, soms wekenlang niet in bedrijf waren, waardoor er niet werd gestuurd en er dus ook geen sprake was van migratiebarrières. Het fijnmazige, *patchwork*-achtige patroon van hakhoutbosjes in combinatie met grubben, holle wegen en graften vormde voor de soorten als Geelbuikvuurpad en Vroedmeesterpad in het verleden een goed functionerende ecologische structuur. Er waren altijd wel mogelijkheden nieuwe potentiële leefgebieden te koloniseren. Door snel op deze mogelijkheden in te spelen konden deze soorten de concurrentie met habitatgeneralisten goed aan. Als de pionierfase ten einde liep, was de tijd rijp voor kolonisatie van nieuwe gebieden (of vonden nieuwe ingrepen plaats). Tegenwoordig is door schaalvergroting en intensivering van de landbouw deze structuur grotendeels vervallen. Vooral voor de Geelbuikvuurpad is dispersie in een versnipperd en verdrogend heuvellandschap vrijwel onmogelijk geworden.

Aan de andere kant vormt het dichtgroeien van open milieus door minder actief beheer van oevers een knelpunt (Reumkens & Hermans 2007). Zuidelijke oeverlibel en Beekoeverlibel hebben zonbeschenen oevers nodig voor ei-afzetting en een goede larvale ontwikkeling. Toenemende beschaduwning zorgt bij een ongestoorde vegetatieontwikkeling voor het verlies van dergelijke micromilieus. Door eutrofiëring (zie Par. 5.2) wordt dit proces versneld. Dit zal een eventuele terugkeer van de Mercurwaterjuffer zeker belemmeren (zie Liley 2005).

Voor alle aandachtsoorten onder de vlinders vormt versnippering een groot probleem. Daarbij zijn beide aspecten van versnippering van belang: isolatie en verkleining van de oppervlakte leefgebied. De isolatie ten opzichte van bronpopulaties is voor het Klaverblauwtje het minst belemmerend en voor de Moerasparelmoervlinder het meest. Het verlies van leefgebied is voor Moerasparelmoervlinder, Zilveren maan en vermoedelijk ook Rode vuurvlinder vrijwel totaal. Voor Klaverblauwtje en Purperstreepparelmoervlinder zijn in de Limburgse beekdalen lokaal nog kleine snippers potentieel geschikt leefgebied aanwezig, maar de oppervlakten en ruimtelijke samenhang daarvan zijn bij lange na niet voldoende voor de opbouw van een duurzame populatie. Ook op landschapsschaal is de samenhang verloren gegaan: Moerasparelmoervlinder, Klaverblauwtje en Zilveren maan profiteerden vroeger vermoedelijk van de aanwezigheid van leefgebied in zowel de beekdalen als op de drogere kalkhellingen.

6 Synthese met aanbevelingen voor beheer en onderzoek

De beekdalen in het Heuvelland hebben tot op heden onvoldoende aandacht gekregen van onderzoek, beleid en beheer, dat is uit het voorgaande duidelijk naar voren gekomen. Ze herbergen bijzondere natuurwaarden, zowel wat betreft de aanwezige planten en dieren als de daaruit samengestelde levensgemeenschappen. Tegelijkertijd is naar voren gekomen dat het behoud en herstel ervan geen eenvoudige opdracht zal zijn, gezien de ingewikkelde geomorfologie en geohydrologie van het gebied en zijn complexe ontstaansgeschiedenis. Wat dat laatste aangaat, heeft de mens een cruciale rol gespeeld. Niet alleen de plantengroei met de daarbij behorende dieren, maar ook de landschapsvormen zijn in hoge mate door het historisch gebruik van de beekdalen door de mens bepaald. Denk alleen maar eens aan de tientallen molens die in het verleden in de heuvellandbeken in bedrijf waren en waartoe het water over lange trajecten was opgestuwd, of aan de grote betekenis van de beekdalen voor de vroegere landbouw, die juist gebruikt maakte van het aanwezige water als bron van mineralen, in plaats van dit water zoveel en zo snel mogelijk kwijt te raken om grote machines te kunnen toelaten op niet te natte percelen. Wanneer we keuzen maken ten aanzien van de toekomst van natuur en landschap, ligt hier een eerste vraagstuk: welk Zuid-Limburgse beekdallandschap hebben precies voor ogen? Gaat het om het behoud en herstel van een oud cultuurlandschap, en zo ja, wat is dan de referentie, of beogen we een geheel nieuw landschap via grootschalige natuurontwikkeling? Uiteindelijk is de vraag welke natuurwaarden we belangrijk vinden in de beekdalen van het Heuvelland, met als onderliggende vraagstukken: welke processen en structuren zijn daarvoor nodig (ten aanzien van hydrologie, hydrochemie, ruimtelijke patronen, dispersie, connectiviteit en beekdalvormologie) en met welke inrichting en beheer zijn deze processen en structuren duurzaam te verwezenlijken?

Uitgaande van resterende natuurwaarden in de Zuid-Limburgse beekdalen en de vele (vaak lokale) problemen die bestaan om het behoud ervan te garanderen, wordt al snel duidelijk dat de beheerpraktijk dringend zit te wachten op onderzoek dat voor flora en fauna aangeeft wat de gevolgen zijn van verschillende beheersvormen in de verschillende deelgebieden en ecosystemen. Hebben we te maken met een klein of een groot beekdal, met een beekdal in het lössgebied, kalkgebied of vuursteeneluviumgebied, met bronbossen of beekbegeleidende bossen, met hellingmoerassen of dalvloergraslanden? Dit zijn belangrijke oriëntatiepunten waarvoor het voorliggende preadvies een aantal grondslagen biedt. Wat is mogelijk onder de huidige milieudruk en op welke wijze kan het beheer optimaal worden uitgevoerd, ondanks knelpunten als verdroging, eutrofiëring en versnippering?

Zoals aangegeven in de Inleiding (Par. 1.2) moeten de resultaten van het preadvies in een breder kader dan alleen OBN worden gezien. De geformuleerde kennisvragen en de daaraan ten grondslag liggende gegevens en visie zouden een input kunnen vormen voor andere beleidsinstrumenten, waaronder de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water (KRW). Belangrijke vragen die dan aan bod komen, zijn of de voorgestelde begrenzingsvoldoende zijn om verdere versnippering tegen te gaan en bestaande versnippering ongedaan te maken, toereikend zijn om grote biotopen te realiseren (als drager van gezonde metapopulaties) en of de omvang van de gebieden duurzame bescherming zal bieden tegen vermessing van het intrekgebied van de beekdalgebieden. Tevens kunnen de resultaten van het preadvies

een basis vormen voor samenwerking bij de verwezenlijking van de beoogde doelstellingen.

6.1 Beheer en natuurontwikkeling

Wanneer we ons richten we op het beheer van de nog aanwezige waarden in de terrestrische natuur van de Zuid-Limburgse beekdalen (waarop dit preadvies focust; zie Par. 1.2), moet allereerst verschil worden gemaakt tussen bossen en niet-bossen. De bossen zijn in het voorgaande verdeeld in bronbossen en beekbegeleidende bossen; de belangrijkste niet-bossen betreffen de kalkmoerassen (vooral op de hellingen) en de natte graslanden (vooral in de dalvloeren). Voor beide systemen (bossen versus niet-bossen) geldt – uiteraard – dat ze een eigen aanpak behoeven, waarbij een aantal algemene conclusies is te trekken.

Bossen

Opmerkelijk genoeg is over het beheer van bronbossen en beekbegeleidende bossen in het Heuvelland bijzonder weinig informatie voorhanden, waarbij de beschikbare gegevens bovendien doorgaans anekdotisch van aard zijn. Dit staat in schril contrast met de hoeveelheid documentatie over het beheer en het historisch gebruik van de droge hellingbossen in Zuid-Limburg, ofschoon een van de conclusies van het desbetreffende preadvies luidt dat “Veel van de kennis is gebaseerd op ervaring en vaak op min of meer anekdotische gegevens. De hoeveelheid kennis op grond van gericht experimenteel en bodemchemisch onderzoek is heel beperkt” (Bobbink et al. 2008). Ongetwijfeld speelt een rol dat het zowel in het geval van de bronbossen als in het geval van de beekbegeleidende bossen om kleine oppervlakten gaat, in veel gevallen niet groter dan enkele tientallen vierkante meters, of – in het geval van de beekbegeleidende bossen – om smalle stroken.

Hellingmoerassen en natte graslanden

Instandhouding en uitbreiding van de terreinen waar nog hellingmoerassen en soortenrijke natte graslanden aanwezig zijn, dient zo spoedig mogelijk ter hand genomen te worden. De Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en de Habitatrichtlijn van Natura 2000 bieden een goed handvat om de desbetreffende terreinen als zodanig veilig te stellen, maar met aankoop alleen zijn we er niet. In dit verband van belang is dat alle bronbeken en aangrenzende bron- en kwelzones in het gebied van de Landinrichting Central Plateau en Mergelland-Oost komen vanaf 2009 respectievelijk 2010 in handen van het Waterschap Roer en Overmaas of een terreinbeheerder. Voor de waterschapsterreinen worden op dit moment hiervoor beheers- en onderhoudsplannen opgesteld.

Ten aanzien van het beheer zijn voortzetting of hernieuwing van het maaibeheer of een beweidingsregime een eerste vereiste. De dalvloeren waren traditioneel vooral als hooiland in gebruik, terwijl de hellingen doorgaans beweid werden. Vooral Moeraszeggeruigten – voor zover geen domein van de Zeggekorfslak (*Vertigo moulinsiana*) – dienen met voortvarendheid te worden gemaaid, zo nodig tweemaal per jaar, om ze in een soortenrijke beemdvegetatie om te zetten. Dit blijkt – door versnippering, slechte bereikbaarheid en kwetsbaarheid voor betreding en berijding – in de praktijk een lastige opgave: veel van de nog aanwezige moerassen en graslanden worden onvoldoende beheerd.

Beweiding komt alleen in aanmerking voor open (niet beboste) hellingen die behalve moeras ook min of meer droog grasland dragen. In de Peschbeemden bijvoorbeeld lijkt deze optie moeilijk realiseerbaar wegens hun ligging vlak bij de bebouwde kom van Kerkrade. Bij Cottessen is integrale begrazing van het gehele terrein met aanvullend maaibeheer in de natte delen wenselijk. Bij voortgaande uitrastering van de benedenhelling onder het moeras moet worden gevreesd dat de waardevolle gradiënt van natte beemd naar droger schraalland gaandeweg aan kwaliteit zal inboeten door het verdwijnen van kiemplekken voor kritische (laagblijvende en/of basenminnende) soorten.

Verscheidene hellingmoerassen liggen als kleine enclaves ingeklemd tussen bos. Dit geldt onder andere voor het voormalige heitje in de Peschbeemden en de hooilanden in de Hellebroeker Beemden. Verruiming van de open oppervlakte is dringend nodig om verruiging en eutrofiëring door afgevallen boombladeren tegen te gaan. De kleine oppervlakten zijn enerzijds een voordeel, omdat naar verhouding een geringe inspanning geleverd moet worden om de vegetatie te maaien, maar blijkt in de praktijk toch ook vaak een hindernis. De terreintjes liggen vaak geïsoleerd, zijn soms moeilijk toegankelijk, en waarom zou men dan voor zulke snippers de gevraagde inspanning leveren...?

Het blootleggen van een waterkerende laag door afgraving van de voedselrijke bovengrond in een dalwand kan verrassende ontwikkelingen inluiden. Bij Weustenrade is te zien hoe een dergelijk terrein zich ontpopt als brongebied met grote botanische rijkdom.

Soorten als Breed wollegras, Parnassia en sommige orchideeën die uit Zuid-Limburg zijn verdwenen, zullen – gezien hun sterke achteruitgang in het hele omringende laag- en heuvelland – waarschijnlijk niet binnen afzienbare tijd in de hellingmoerassen terugkeren. Voor experimenten met (her)introductie zijn de resterende moerasjes mogelijk te klein, hoewel de laatste jaren veel ervaring is opgedaan met herintroducties. Bovendien moeten we nog teveel leren omtrent de vegetatieontwikkeling in deze terreinen om deze ontwikkeling met introducties te doorkruisen. Het is te overwegen in Zuid-Limburg ‘botanische tuintjes’ aan te leggen en daar verdwenen soorten in te brengen. Zo worden althans hun diasporen weer in omloop gebracht.

6.2 Kennisvragen

Een belangrijke vraag in het kader van het behoud van de natuurwaarden in de Zuid-Limburgse beekdalen betreft het voorkomen van nog bestaande restanten moeras- en natte graslandvegetatie, en daarmee samenhangend het voorkomen van kansrijke plekken voor een succesvol beekdalherstel. Van een aantal kleinere systemen bestaat een vegetatiebeschrijving, zoals van de Mechelderbeek, de Berversbergbeek, de Noorbeek en de dalvloer van de Maas bij Bunde-Elsoo, maar van grotere beekdalen als Geul en Geleenbeek ontbreekt bijvoorbeeld een goede inventarisatie van de vegetatie van de dalvloeren. Een belangrijk gegeven is dat het hierbij veelal om natuurwaarden ‘met een kleine zoekruimte’ gaat: net als in de wereld van de droge kalkhellingen, kun je onverwachts op welhaast vergeten overhoekjes en weinig intensief gebruikte percelen stuiten, die de moeite van het behoud meer dan waard zijn en die een belangrijke rol kunnen spelen in het beoogde natuurherstel. Een van de eerste onderzoeksvragen betreft dan ook het bijeenbrengen van de ontbrekende informatie om te kunnen komen tot een gefundeerd plan, dus het uitvoeren van een goede **floristische, faunistische en vegetatiekundige inventarisatie**. Het (deels) in het kader van dit preadvies uitgevoerde onderzoek van Eddy Weeda naar de hellingmoerassen heeft duidelijk gemaakt dat deze leemten groter zijn dan we veelal aannemen, de beschikbare inventarisaties ten spijt. Eenzelfde conclusie is te trekken uit het recente onderzoek aan zeldzame bosplanten door Karl Eichhorn (Eichhorn 2007). Bij de beoogde inventarisatie dient veel aandacht besteed te worden aan **historische bronnen** om de thans nog aanwezige natuurkwaliteiten in een perspectief te kunnen plaatsen. Op dit punt mag het Heuvelland zich gezegend prijzen, gezien de belangrijke (en grotendeels nog weinig ontsloten) archieven van het Natuurhistorisch Genootschap, waaronder het omvangrijke archief van De Wever uit de eerste helft van de twintigste eeuw. Ook zijn in Zuid-Limburg in het verleden veel vegetatiebeschrijvingen gemaakt, onder meer door W.H. Diemont (houtvester bij het Staatsbosbeheer) en door plantensociologen van naam, zoals Heimans, Sissingh en Westhoff, die het rijke zuiden graag bezochten. De meeste van deze gegevens zijn inmiddels geautomatiseerd en opgeslagen in de Landelijke Vegetatie Databank (Schaminée et al. 2006).

De complexe geologie en hydrologie in combinatie met de ingewikkelde geschiedenis van het landgebruik en het beheer van de beekdalen in Zuid-Limburg vragen om een

gedegen studie naar de van belang zijnde **abiotische factoren en hun samenspel**. Belangrijke kennislacunes betreffen onder meer: de invloeden van detailontwatering in de Zuid-Limburgse beekdalen; de ligging van intrekgebieden van bron- en kwelgebieden in relatie tot stromingspatronen in gelaagde, zachte pakketten; de kwaliteit van grondwater in diffuse kwelgebieden; de kwaliteit van grondwater op stroombanen van hydrologische systemen in relatie tot vermessing; de dynamiek in grondwaterstroming en de kwaliteit van grond- en bronwater in relatie tot vermessing in zowel zachte, gelaagde systemen als in kalksteensystemen; de vraag welke delen van het intrekgebied in welke mate beschermd zijn tegen toevoer van meststoffen en onder welke omstandigheden herstel van ecosystemen bij een hoge graad van vermessing van het grondwater nog mogelijk is; de mate van eutrofiëring door toestroming van vermist grondwater; de mate van eutrofiëring door inundatie met beekwater (Geuldal); de omvang en ligging van lokale drainage in relatie tot de stijghoogte van het grondwater. Hieraan gerelateerd komen vragen aan de orde naar de mogelijkheid om abiotische potenties voor vernatting te lokaliseren, of de ligging van het stroombed van beken in diepe dalen stabiel of eroderend is en of zonder vroegere molenstuwen toch de beoogde vernatting mogelijk is. Is het mogelijk om ingesneden beddingen van beekdalen te verhogen? En verder vragen naar de herstelbaarheid van gedempte bron- en kwelgebieden; naar de herstelbaarheid van mesotrofe en zwak eutrofe ecosystemen door plaggen of afgraven van de vermeste toplaag, al of niet in combinatie met vernatting; naar de herstelbaarheid van ecosystemen op vermeste gronden zonder plaggen maar wel vernatten. Wat zijn de perspectieven voor herstel van kwel- en bronafhankelijke ecosystemen met hun karakteristieke flora en fauna door autonome verbreding van het stroombed, en wat is het perspectief voor grootschalige ontwikkeling van vochtige bossen en broekbossen in lage dalen op voormalige landbouwgrond? Wat zijn de beste herstellocaties voor kalkmoerassen met travetijnvorming; waar is nog herstel van relatief basenarme hellingveentjes mogelijk; welk afvoerregime is wenselijk voor fauna in kleine beken van hoge beekdalen; welk vegetatiebeheer dient te worden toegepast in mozaïeken van droog tot nat grasland, en welke rol is daarbinnen weggelegd voor ruigten? In de beoogde studies kan worden aangesloten bij de resultaten van de studie en modelleringen van het waterschap en de provincie in het kader van het opstellen van het Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR) met behulp van Wahyd en Ibrahim en de door de provincie voorziene nitraat-pilot.

Op basis van de hiervoor genoemde inventarisatie en met goede kennis van de hydrologische en hydrochemische processen en omstandigheden, kunnen **kansrijke gebieden** worden geselecteerd, waarop het gewenste onderzoek gefocused kan worden en daar dan ook de noodzakelijke diepgang kan krijgen. In het 'flankerende' preadvies over de beekdalen van het laagland in Nederland (Aggenbach 2008) wordt uitgebreid toegelicht welke onderzoeksvragen hierbij aan bod kunnen en moeten komen. In grote lijnen komt het neer op een drietal hoofdvragen: (1) wat zijn de sturende processen in de waterhuishouding in de Zuid-Limburgse beekdalen, (2) wat is de ruimtelijke structuurvariatie en hoe precies verloopt de watervoering in deze beekdalen, en (3) hoe vinden stroming en regulatie van stoffen in beekdalen plaats. De indeling in geohydrologische gebieden en fysiotopen kunnen hierbij een belangrijk kader vormen. Binnen de geselecteerde gebieden met een hoge herstelkans komen dan vragen aan de orde als 'hoe verhoudt zich de ontwatering tot de stijghoogten van het grondwater' en 'welke detailontwateringen zijn in het gebied aanwezig'.

Een derde belangrijke kennisvraag is: hoe kunnen we zo goed mogelijk **leren van de ervaringen** die worden opgedaan in momenteel in uitvoering zijnde **herstelprojecten** (door beheerders en vrijwilligers), zoals in de Hulsberger Beemden, de Kathager Beemden en de Peschbeemden. Hiertoe dient een goede monitoring te worden opgezet. Vanuit de wetenschappers moet hiervoor het noodzakelijke kader worden geboden, zodat de kennis niet verloren gaat maar op een gedegen manier geboekstaafd wordt. Bij deze kleine moerasgebieden gaat het om bijzondere en tegelijk kwetsbare restanten van het oude cultuurlandschap. Het is goed om binnen dit perspectief ook de ontwikkelingen te zien dat momenteel in het kader van natuurontwikkeling plaatsvinden, bijvoorbeeld in het Beneden-Geudal.

Met andere woorden: hoe verhoudt de in gang gezette natuurontwikkeling zich tot het oude cultuurlandschap van het gebied, zoals dat eeuwenlang gefunctioneerd heeft? Ook in het kader van OBN dienen zulke vragen gesteld en beschouwd te worden. In de eerste helft van de 19de eeuw bestond de begroeiing van de dalbodem van de grotere beekdalen in Zuid-Limburg nog voornamelijk uit één aaneengesloten lint van graslanden. De eerste topografische kaarten van de streek (1842-1843) maken geen duidelijk onderscheid in weidegronden en hooilanden, maar wij mogen aannemen dat het grootste deel van deze graslanden voor hooibouw werd gebruikt. De hellingen en plateaugronden stonden vooral in dienst van de akkerbouw. Alleen op de steilere hellingen – voor zover niet met bos bedekt – en in de directe omgeving van de plateaudorpen was (enig) grasland aanwezig. Rondom de dorpen betrof dit op de meeste plaatsen een combinatie van weidegrond met hoogstamboomgaarden. De graslanden (hooilanden) van de beekdalbodems vormen dus een belangrijk en karakteristiek onderdeel van het oude Zuid-Limburgse cultuurlandschap en zijn daarmee van cultuurhistorische waarde. Maar ook in ecologisch opzicht moeten deze hooilanden belangwekkend zijn geweest. Zo lagen zeker tot in de jaren zeventig van de vorige eeuw in het Beneden-Geuldal grote oppervlakten zeer bloemrijke *Arrhenatherion*-begroeiingen, met onder andere veel Grote ratelaar (*Rhinanthus angustifolius*), Knolboterbloem (*Ranunculus bulbosus*) en Knolsteenbreek. De betekenis van deze bloemenzee voor de insectenwereld moet bijzonder groot zijn geweest. Bebouwing, overbemesting en verandering van grondgebruik (meer weiland, recent ook akkerbouw) hebben in de afgelopen decennia dit historische landschap sterk aangetast, terwijl ook binnen de natuurterreinen (zowel reeds bestaand als recent verworven) meer en meer gekozen wordt voor nieuwe vormen van landgebruik. De natuurontwikkeling tussen Meerssen en Valkenburg omvat grote delen van de dalbodem, die jaarrond (zeer) extensief met grote grazers worden begraaasd, hetgeen een sterke verruiging van de vegetatie tot gevolg heeft. Elders in het Beneden-Geuldal zijn grote oppervlakten met jong bos ingeplant. Onduidelijk is vooralsnog wat in de Limburgse beekdalen de meerwaarde is van deze ‘nieuwe natuur’, maar duidelijk is wel dat deze ontwikkeling het definitieve einde betekent van een toch al zieltoegend stukje oud cultuurlandschap in dit deel van het Geuldal.

6.3 Naar een synthese van gewenst onderzoek

Voor een daadwerkelijk herstel van de Zuid-Limburgse beekdalen zal het niet toereikend zijn een aantal losse studies te verrichten. Veeleer wordt gevraagd om een geïntegreerde aanpak op landschapsschaal, waarbij binnen het landschap in kwestie beekloop, beekdalbodem en beekdalflanken in samenhang met elkaar worden gezien, met de daarbij behorende planten, dieren en levensgemeenschappen. Hydrologische en hydrochemische (model)studies zijn hierbij noodzakelijk. Mogelijk zal het ons dan lukken de vinger te leggen op de zere plekken, bijvoorbeeld waar het gaat om de dramatische achteruitgang van soorten als Geelbuikvuurpad, Zilveren maan en Parnassia. Binnen de verschillende deeldisciplines kunnen dan meer specifieke vragen worden onderzocht: naar de populatiebiologie van bijzondere insecten, het paai- en migratiegedrag van kenmerkende zoetwatervissen, de toekomstperspectieven op landschapsschaal voor een soort als de Vroedmeesterpad, het gewenste beheer (of juist geen beheer) in bronbossen en beekbegeleidende bossen. Via experimenteel onderzoek kan meer zicht worden verkregen op het ideale maaibeheer van de hellingmoerassen en natte graslanden, en kan het kiemings- en vestigingsgedrag van zeldzame en kritische soorten worden bestudeerd.

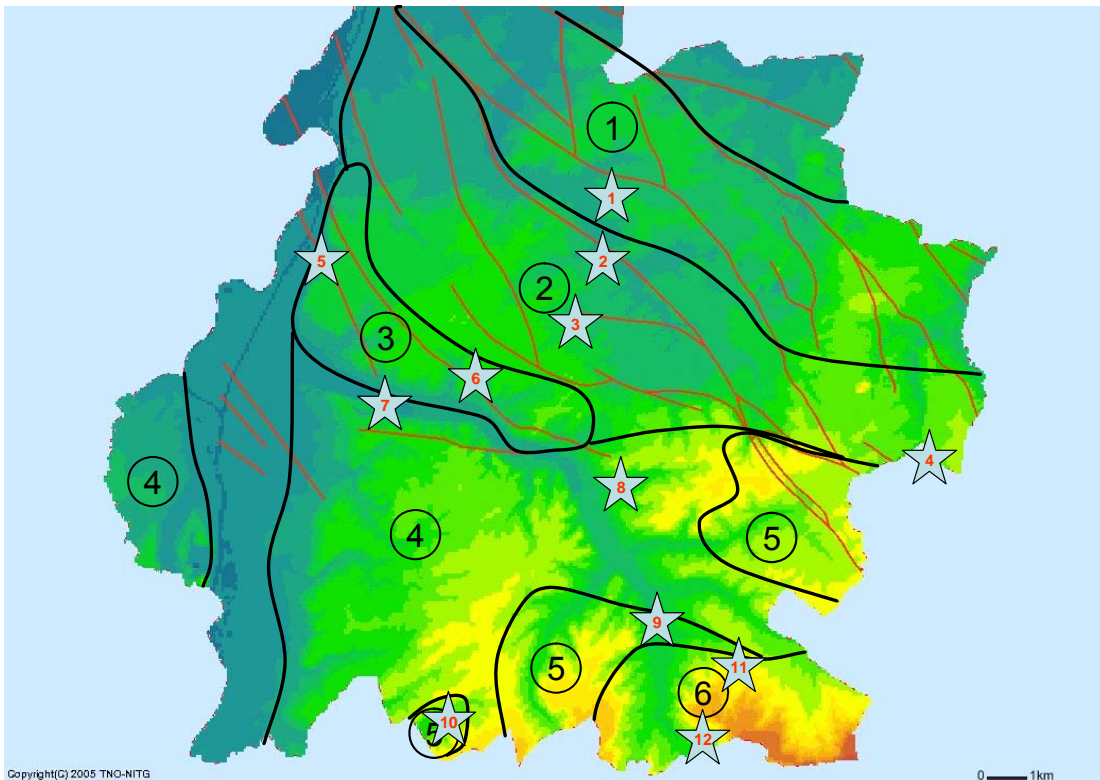
Om deze gedachtengang wat verder uit te werken hebben we, op basis van de in vorige hoofdstukken beschreven abiotische gesteldheden, natuurwaarden en bedreigingen (Hfst. 4 en 5), een matrix samengesteld waarin de geohydrologische deelgebieden en hun fysiotopen zijn geplaatst tegenover de bedreigingen (Tabel 6.1). Op basis van deze matrix is vervolgens, op grond van kennis over plekken in de beekdalen van het Heuvelland waar nog een hoge biodiversiteit en/of goede kansen aanwezig zijn, een selectie gemaakt van gebieden. Op deze hotspots zou het toekomstige onderzoek moeten worden geconcentreerd. De keuze van gebieden is zodanig, dat niet alleen alle drie de

geohydrologische deelgebieden (lössgebied, kalkgebied en vuursteeneluviumgebied) zijn maar ook de verschillende fysiotoen vertegenwoordigd. In de selectie zijn de geconstateerde knelpunten met betrekking tot de standplaatscondities meegewogen (Afbeelding 6.1). Alle stroomgebieden (zie Afbeelding 1.1) zijn vertegenwoordigd, met uitzondering van de Jeker. Het voorgestelde onderzoek in het Geuldal (zie hierna) tot nieuwe kennis leiden die zeer goed in het Jekerdal zal kunnen worden toegepast.

Tabel 6.1. Matrix van fysiotoen (per geohydrologisch deelgebied) en hun bedreigingen, zoals toegelicht in Hoofdstuk 5. De mate van bedreiging is weergegeven in drie klassen, waarbij: rood = sterk bedreigd, oranje = matig bedreigd, en lichtgeel = zwak bedreigd.

	verdroging	eutrofiëring	hydro-dynamiek	land-gebruik
L1 <i>Miocene afzettingen dagzomend in dalen middeldiepe beekdalen</i> bronnen en bronbeken: bronzones en bronnen (1a) bronnen en bronbeken: bronbeken (1b)	rood	rood	lichtgeel	rood
L2 <i>Oligocene/Miocene afzettingen flanken/dalen middeldiepe dalen</i> bronnen en bronbeken: bronzones en bronnen (1a) bronnen en bronbeken: bronbeken (1b) kleine beekdalen: beeklopen (2a) kleine beekdalen: droge dalbodems (2b) kleine beekdalen: natte laagten (2c) grote beekdalen: beeklopen (3a) grote beekdalen: genormaliseerde beeklopen (3b)	rood	rood	lichtgeel	rood
L3 <i>Oligocene en Miocene afzettingen in flanken van diepe dalen</i> bronnen en bronbeken: bronzones en bronnen (1a) bronnen en bronbeken: bronbeken (1b)	rood	lichtgeel	lichtgeel	lichtgeel
K1 <i>Kalksteen in flanken en onder dalbodem van diepe dalen</i> bronnen en bronbeken: bronzones en bronnen (1a) bronnen en bronbeken: bronbeken (1b) kleine beekdalen: beeklopen (2a) kleine beekdalen: droge dalbodems (2b) kleine beekdalen: natte laagten (2c) grote beekdalen: beeklopen (3a) grote beekdalen: genormaliseerde beeklopen (3b) grote beekdalen: kalkrijke oeverwallen en hogere dalvlakten (3c) grote beekdalen: kalkarme oeverwallen en hogere dalvlakten (3d) grote beekdalen: kommen zonder kwel (3e) grote beekdalen: kwelgevoede kommen (3f) grote beekdalen: bronnen (3g) grote beekdalen: natte dalvormige laagten (3h)	rood	rood	lichtgeel	rood
V1 <i>Vaalsler groenzanden dagzomend in dalen</i> bronnen en bronbeken: bronzones en bronnen (1a) bronnen en bronbeken: bronbeken (1b) kleine beekdalen: beeklopen (2a) kleine beekdalen: droge dalbodems (2b) kleine beekdalen: natte laagten (2c)	rood	rood	lichtgeel	rood
V2 <i>Akener en Vaalsler groenzanden in flanken van diepe dalen</i> bronnen en bronbeken: bronzones en bronnen (1a) bronnen en bronbeken: bronbeken (1b) kleine beekdalen: beeklopen (2a) kleine beekdalen: droge dalbodems (2b) kleine beekdalen: natte laagten (2c)	rood	rood	lichtgeel	rood

Bovenstaande matrix laat zien dat in het **lössgebied** (met zijn drie deelgebieden) vooral verdroging en eutrofiëring de grootste boosdoeners zijn, waarbij – wat betreft de grote beken (Geleenbeek en Worm) – ook de verstoorte hydrodynamiek een ernstig probleem vormt. Feitelijk zijn van deze beken de lopen grotendeels gekanaliseerd, waarbij de Geleenbeek zelf veel te diep is komen te liggen. Evenals geldt voor het vuursteeneluviumgebied, gaat het in het lössgebied vooral om bron- en kwelgebieden, die vaak kleinschalig zijn en rijk aan gradiënten. Hellingmoerassen, bronbossen en vochtige bossen zetten hier de toon. In de lössgebieden zijn in totaal zes hotspots geselecteerd, die ieder weer een eigen landschappelijke setting en specifieke natuurwaarden bezitten:



Afbeelding 61. Ligging van hotspots voor OBN-vervolgonderzoek in de beekdalen van het Heuvelland. De gebieden zijn geselecteerd op basis van de aanwezige biologische rijkdom en kansen voor natuurherstel. Ze weerspiegelen de hydrogeologische verscheidenheid in Zuid-Limburg met de daaraan gelieerde fysiotopten (zie Afbeelding 3.1 voor een toelichting op de geohydrologische deelgebieden en Afbeelding 6.1 voor de matrix van deze deelgebieden met hun fysiotopten en mogelijke bedreigingen). De hotspots zijn: 1 = Kathager Beemden, 2 = Hellebroeker Beemden, 3 = Hulsberger Beemden, 4 = Peschbeemden, 5 = Bunder- en Elsloërbos, 6 = Ravensbos en Kloosterbos, 7 = Beneden-Geuldal, 8 = Piepert, 9 = Dalvloer Geul en Mechelderbeek, 10 = Noorbeemden, 11 = Beeksystemen Vijlen, 12 = Cottessen.

1. Kathager Beemden. Van de resterende hellingveentjes in Zuid-Limburg zijn de Kathager Beemden in het dal van de Geleenbeek ongetwijfeld het meest soortenrijk en het rijkst aan zeldzaamheden en bijzondere plantengemeenschappen. Het gebied befaamd om zijn kalkmoerasflora met als meest recente aanwinst de Veenzegge (*Carex davalliana*). Als geen ander gebied in Zuid-Limburg bieden de Kathager Beemden de mogelijkheid om beter inzicht te krijgen in de ecologie van hellingmoerassen (incl. de specifieke hydro- en bodemchemie) en de populatiebiologie van zeldzame soorten als Schubzegge en Zeggekorfslak. Plagexperimenten op naburige voormalige landbouwgronden zouden inzicht kunnen geven in herstel mogelijkheden vanuit dergelijke soortenrijke kerngebieden. Een specifiek probleem voor de Kathager Beemden vormt verdroging door de verdiept gelegen Geleenbeek.

2. Hellebroeker Beemden. Gelegen in een zijdal van de Geleenbeek, dicht tegen de bebouwde kom van Nuth, bieden de Hellebroeker Beemden een belangrijk object voor onderzoek naar herstel mogelijkheden van kleine bronhellingen die te lijden hebben onder achterstallig beheer. Tot op welk niveau is het mogelijk in dergelijke kleine gebieden de oorspronkelijke soortenrijke levensgemeenschappen te herstellen? Het gaat hierbij zowel om de flora als de fauna.

3. **Hulsberger Beemden.** In dit gebied, eveneens gelegen in een zijdal van de Geleenbeek, spelen overeenkomstige vragen als in de Hellebroeker Beemden (achterstallig beheer, versnippering), maar de landschappelijke setting is anders. Het betreft hier een klein beekdal met bronzones, bronbeekjes in bronbos, vochtig bos en nat hooiland. Door het dal stroomt een kleine, deels rechtgetrokken beek die zich door piekafvoeren is gaan insnijden, waardoor het beekdal is gaan verdrogen. Wat het laatste betreft biedt het gebied de mogelijkheid voor onderzoek naar hydrologisch herstel na verdroging, met daarbij de vraag met welke techniek een op deze wijze ingesneden beekbedding kan worden verhoogd.

4. **Peschbeemden.** Van de twaalf hotspots zijn de Peschbeemden het enige gebied in het stroomgebied van de Worm met zijn – binnen de Zuid-Limburgse context – specifieke geohydrologie. Ook hier is een hellingveentje aanwezig, op de rechter dalflank van de Bleijerheidebeek. Het betreft een geïsoleerd gelegen moeras dat opmerkelijk rijk is aan soorten van blauwgrasland en heischraal grasland.

5. **Bunder- en Elsloërbos.** Dit hellingboscomplex is een van de belangrijkste bosgebieden in ons land. Het gebied is vooral bekend vanwege het voorkomen van goed ontwikkelde bronbosvegetatie met opvallend veel Hangende zegge. Het grote vraagstuk voor deze bossen is de vermindering van de grondwateraanvulling op het aangrenzende plateau (onder andere drainage rond vliegveld), effecten van grondwaterwinningen en het Grensmaasproject op de voeding van kwel- en brongebieden en de omvang en het effect van eutrofiëring door vermist grondwater. Een mogelijk object van onderzoek vormen tevens de open en eertijds zeer soortenrijke, maar thans sterk gedegradeerde moerassen aan de voet van de helling in het Maasdalen. Ook halverwege de helling is een moerassige zone aanwezig, die direct opvalt door Moeraszegge en hoge horsten van Pluimzegge. Hier zijn kansen voor herstel onderzoeken voor open moeras waarin mogelijk een soort als Gele zegge terugkeert. Daartoe zouden de toch al slecht groeiende essen en andere bomen, die op deze plek zijn gepant, verwijderd moeten worden evenals lokale drainages.

6. **Ravensbos en Kloosterbos.** Deze op korte afstand van elkaar gelegen hellingbossen vormen de resten van een groot, aaneengesloten bosgebied op de noordflank van het Geuldalen en haar zijbeken bij Valkenburg. Beide bosgebieden zijn, net als het Bunde- en Elsloërbos, vooral bekend vanwege de rijke bronbosvegetatie met Slanke zegge (*Carex strigosa*) en Wolmos als meest bijzondere soorten. In het Kloosterbos bevinden zich meerdere bronnetages die in wisselende mate beïnvloed zijn door eutrofiëring vanuit het aangrenzende landbouwgebied. De lager gelegen brongebieden in het Ravensbos hebben in het verleden sterk onder invloed gestaan van afvalwater van een naburige meklfabriek en van binnen het bosgebied gelegen visvijvers. De huidige goede toestand van deze brongebieden geeft inzicht in de herstel mogelijkheden van zulke kwetsbare systemen. De hoger gelegen brongebieden herbergen een van de belangrijkste hellingvenen van ons land die eveneens een voorbeeld zijn van succesrijk herstel.

Van de drie geohydrologische deelgebieden is het **kalkgebied** gekenmerkt door de aanwezigheid van grotere beeksystemen (Geul) die een eigen bedding hebben gevormd. Dit maakt dat hier in beginsel meer ruimte bestaat voor natte en vochtige bossen, moerassen met tijdelijke poelen, natte graslanden (hooilanden) en ruigten. Binnen Zuid-Limburg is het Geuldalen het enige beekdal waar van oudsher naast moerassen en natte graslanden ook grote oppervlakten relatief droog grasland aanwezig was (Glanshaver-hooilanden). Alle bedreigingen voor de (natte) natuur in het Heuvelland komen hier samen, waarbij naast geohydrologische effecten op afstand ook het veranderend landgebruik ter plekke van directe invloed is op de aanwezige levensgemeenschappen (zie Tabel 6.1). In het kalkgebied zijn door ons drie hotspots geselecteerd.

7. **Beneden-Geuldalen.** Afgezien van de discussie over natuurontwikkeling en herstel van het oude cultuurlandschap is de centrale vraag voor het Beneden-Geuldalen of we in staat zullen zijn de hydrologie van deze benedenloop dusdanig te begrijpen en

vervolgens te herstellen dat allerlei thans verdwenen natuurwaarden weer terug kunnen keren. Wat is het perspectief bij een verbreding van het stroombed van de Geul tot een vlechtende bedding, wat zijn de effecten van lokale ontwatering op het systeem en welke betekenis zouden grootschalige ontgroning van de intensief gebruikte voormalige landbouwgronden kunnen hebben. Een interessante soort om in het onderzoek te betrekken is het Klaverblauwtje. Momenteel komt deze vlinder in Zuid-Limburg alleen nog (of beter gezegd sinds kort weer) in een kleine, maar mogelijk duurzame populatie voor op de droge hellingen van de Sint-Pietersberg. Maar in het verleden was deze soort ook aanwezig in de hooilanden van het Geuldal, in welk stroomgebied de soort incidenteel (weer) wordt waargenomen (Adams 2008). Verder spreekt voor zich dat ook de soortengroepen libellen (bijv. Gaffellibel) en vissen in het beoogde onderzoek een plek moeten krijgen, als graadmeters voor veranderingen in het milieu en herstel van natuurwaarden.

8. Cartils. In de midden- en benedenloop van de Eyserbeek komen nog soortenrijke ruigten voor met restanten van kalkmoeras. Opvallende soorten zijn hier onder meer Reuzenpaardestaart, Herfsttijloos en Brede orchis (Schaminée & Jansen 2001). Aan de benedenloop van de beek lag hier vermoedelijk een kalkmoeras met traventijnvorming. De aanwezige resten en de nabije ligging van een omvangrijk kalkgebied bieden, zeker als het lukt om de lokale drainages te stoppen, goede uitzichten op herstel, waarbij maaibeheer hand in hand zou kunnen gaan met kleinschalig afgraven van voedselrijke bovengrond. Hier kan ingezet worden op de ontwikkeling van natte, bloemrijke strooiselruigten met een tweeledige functie: als buffer tegen aangrenzende landbouwgronden en als foerageergebied voor insecten.

9. Boven-Geuldal en dalvloer Mechelderbeek. Het Geuldal ten zuiden van Mechelen en de dalvloer van de Mechelderbeek herbergen de laatste restanten beekdalbeemd van het *Angelico-Cirsietum oleracei* van enige omvang (zie Schaminée & Bongers 1991). Lange tijd is het beheer van deze graslanden een zorgenkind geweest, maar de laatste jaren is het noodzakelijke hooilandbeheer weer goed ter hand genomen. Onderzocht moet worden hoe deze graslanden in oppervlakte en kwaliteit vergroot kunnen worden. De bestaande percelen kunnen hierbij als kernen fungeren. Voor de praktijk is ook een belangrijke vraag in hoeverre tweemaal jaarlijks maaien vereist is (zowel in de bestaande als in de nieuw te ontwikkelen graslanden) en wat daarbij de effecten zijn op de fauna.

De natte delen van het **vuursteenluviumgebied** zijn evenals die van het lössgebied bovenal gekenmerkt door de aanwezigheid van natte laagten, bronnen en bronbeken. Net als in het lössgebied speelt verdroging hier een grote rol. In het dal van de Boven-Geul ligt zeer veel lokale ontwatering en zijn op de hellingen veel bron- en kwelplekken in het verleden dichtgestort met grond. Hier ligt naast abiotisch herstel van bron- en kwelgebieden ook een opgave om in grotere ruimtelijke eenheden complexen van natte en droge graslanden te ontwikkelen. Een deel van het Beneden-Geuldal en de noordzijde van het Vijlenerplateau heeft voor herstel goede perspectieven wegens de lage vermessingsgraad van het grondwater door de aanwezigheid van bos in het intrekgebied.

10. Noorbeemden. Het Noorbeekdal neemt binnen Zuid-Limburg een eigen positie in, omdat we hier te maken hebben met de bovenloop van een stroomgebied dat (grensoverschrijdend) voor een groot deel in bezit is van de natuurbescherming. Dit maakt dat de vooruitzichten voor herstel op landschapsschaal naar verhouding gunstig zijn. Vermoedelijk ligt echter nog een groot deel van het intrekgebied in landbouwgebied waardoor het toestromende grondwater vermest is. In het dal zijn nog soortenrijke beemden en bronsystemen (met fraaie bronbossen) aanwezig. Samen met het Ravensbos is het dal van de Noorbeek bijvoorbeeld een van de weinige plekken in ons land waar kalktufbronnen voorkomen (Van Gennip et al. 2007; Janssen & Schaminée 2003). Het recent ingezette herstelbeheer biedt hier een goede mogelijkheid om het vermogen tot regeneratie van soortenrijke, natte hooilanden te onderzoeken. Verder speelt hier verdroging als gevolg van insnijding van de Noor (door piekafvoeren) en ligt er dus nog een herstelopgave voor vernatting. Wat betreft

de specifieke vlinders van het Heuvelland (zie Tabel 4.5) is de Purperstreepparelmoervlinder een soort waarop in het Noorbeekdal ingezet zou kunnen worden. Deze vlindersoort is hier nog recent, in 2006, waargenomen (Adams 2008). Ofschoon hier momenteel geen sprake is van een levensvatbare populatie, biedt de aanwezigheid van de soort wel perspectief. In ieder geval wordt aan een deel van de levensvoorwaarden van deze parelmoervlinder voldaan, te weten de aanwezigheid van de voedselplant Moerasspirea (*Filipendula ulmaria*), die hier zowel in de natte graslanden als in de ruigten voorkomt. Cruciaal is de vraag wat uiteindelijk de sleutelfactoren zijn voor deze zo bedreigde vlindersoort ten aanzien van biotoopomvang en landschappelijke samenhang.

11. Beeksystemen Vijlen. Tussen het hoog gelegen Plateau van Vijlen en het grotere beekstelsel van Sinselbeek ligt – in een opvallend kleinschalig landschap – een gordel van bronstelsels die hoog op de helling begrensd worden door een groot, aaneengesloten bosgebied. Waarschijnlijk is deze zone met zijn dominante invloed van groenzanden in natuurwetenschappelijk opzicht het minst bekende deel van het Heuvelland. Nog meer dan in de andere moerasgebieden van Zuid-Limburg zijn hier in botanisch en faunistisch opzicht verrassingen te verwachten. Actuele problemen voor het beheer zijn versnippering, achterstallig beheer en de alom aanwezige invloeden van intensieve landbouw. Het reliëfrijke en naar verhouding weinig ontsloten gebied is ongewettigd een van de plekken waar nog verrassingen te verachten zijn.

12. Cottessen. Op de dalhelling van de Cottesserbeek bevindt zich een brede, drassige zone (in een zadel van de helling) met daaronder drogere terreindelen. Van oudsher werd dit gebied als geheel beweid met runderen. Vanwege vettrapping van de kwetsbare, natte, orchideerijke beemdvegetatie is een advies uitgebracht om de desbetreffende delen uit te rasteren en in maaibeheer te nemen (Damstea & Huiskes 1996). Bij uitvoering van dit advies werd tevens de aangrenzende, drogere benedenhelling uitgerasterd. Aanbevolen wordt te onderzoeken of integrale begrazing met aanvullend maaibeheer op de eest productieve plekken niet een betere manier is om de kleinschalige rijkdom aan gradiënten in stand te houden.

Literatuur

- Adams, J.B. (2008) Waarnemingen van bijzondere dagvlinders in Limburg vanaf 2000. *Natuurhistorisch Maandblad* 97: 53-58.
- Aggenbach, C.J.S., D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, W.C.E.P. Verberk & P.F.M. Verdonschot (2008). *Preadvies beekdallandschap*. KWR 08.048, Kiwa Water Research/ Alterra/ Stichting Bargerveen/ Vlinderstichting/ BWare, Nieuwegein.
- Aggenbach, C.J.S. & A.J.M. Jansen (1989). *Hydro-ecologisch onderzoek van de Bovenste Hof, een bronnetjesbos in de gemeente Brunssum*. Laaglandbekenproject rapport nr. 6. Laboratorium voor plantenoecologie, R.U.Groningen/Algemeen Christelijke Jeugdbond voor Natuurstudie en Natuurbescherming, Zeist. 37 pp. + bijlagen.
- Alabaster, J.S. & R. Lloyd (1982). *Water Quality Criteria for freshwater Fish*. Second edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Butterworth Scientific, London.
- Andersen, J. (1968). The effect of inundation and choice of hibernationsites of Coleoptera living on river banks. *Norsk Tidsskr.* 15: 115-133.
- Bakker, A.J. de (1991). *Mechelderbeek en Cotesserbeek*. In: P.W.F.M. Hommel (red.). Excursieverslagen 1990. Plantensociologische Kring Nederland, Wageningen, pp. 13-15.
- Bates, A.J., J.P. Sadler & A.P. Fowles (2006). Condition-dependent dispersal of a patchily distributed riparian ground beetle in response to disturbance. *Oecologia* 150: 50-60.
- Batzer, D.P. & S.A. Wissinger (1996). Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual Review of Entomology* 41: 75-100.
- Beek, van, C.G.E.M. (1997). Hardheid van onttrokken grondwater: processen, prognoses en preventie. *H2O* 30 (7): 228-231.
- Beenen, R. (2001). Bladkevers in het dal van de Strijthagerbeek. *Natuurhistorisch Maandblad* 90: 51-56.
- Berg, C.C. & R.C. Kaastra (1973). *Myosotis palustris* en *M. laxa* in Nederland. *Gorteria* 6: 141-150.
- Blink, E.N. (1997). *Atlas van de Zuid-Limburgse Flora 1980-1996*. Plantenstudiegroep Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, 316 pp.
- Bobbink, R., R.-J. Bijlsma, E. Brouwer, K. Eichhorn, R. Haveman, P.W.F.M. Hommel, T. van Noordwijk, J.H.J. Schaminée, W. Verberk, R.W. de Waal & M.F. Wallis de Vries (2008, in druk). *Preadvies hellingbossen in Zuid-Limburg*. Directie Kennis, Ede.
- Bos, F.G., M.A. Bosveld, D.G. Groenendijk, C.A.M. Van Swaay, & I. Wynhoff. (2006). *De Dagvlinders van Nederland - Verspreiding en Bescherming*. Nederlandse Fauna 7. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden.
- Boesveld A, Gmelig Meyling, A.W. & R.H. de Bruyne (2007). *Inhaalslag Verspreidingsonderzoek Mollusken van de Europese habitatrichtlijn. Resultaten van het*

inventarisatiejaar 2006. Zeggekorfslak (*Vertigo moulinsiana*). Stichting ANEMOON, Bennebroek.

Bouwman, J.H., V.J. Kalkman, G. Abbingh, E.P. de Boer, R.P.G. Geraeds, D. Groenendijk, R. Ketelaar, R. Manger & T. Termaat (2008). Een actualisatie van de verspreiding van de Nederlandse libellen. *Brachytron* 11: 103-198.

Broers, H.P., J. Griffioen, W.J., Willems & B. Fraters (2004). *Should the test depth for nitrate in groundwater be changed? Background document for evaluation of the 2004 Fertilizer Act*. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen, Utrecht, TNO-rapport NITG 04-066-A.

Brown, A.G. (1997). *Geoarchaeology: floodplain archeology and environmental change*. Cambridge University Press, Cambridge.

Bruyne, R.H. de & A.W. Gmelig Meyling (2007). *Inhaalslag Verspreidingsonderzoek Mollusken van de Europese habitatrictlijn. Resultaten van het inventarisatiejaar 2006. Nauwe korfslak (Vertigo angustior)*. Stichting ANEMOON, Bennebroek.

Buckart, M., H. Dierschke, N. Hölzel, B. Nowak & T. Fartmann (2004). *Molinio-Arrhenatheretea (E1). Kulturgrasland und verwandte Vegetationstypen. Teil 2: Molinietales*. Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands 9. Göttingen, 103 pp.

Bussel, P.W.E.A. van (1991). *De molens van Limburg*. Bura Boeken, Eindhoven.

Chu Agor, M.L. (2003). *Assessment of the long-term rainfall runoff relation of the Geul catchment*. MSc thesis IHE Delft, 149 pp..

Cloe, W.W. & G.C. Garman (1996). The energetic importance of terrestrial arthropod inputs to three warm-water streams. *Freshwater Biology* 36: 105-114.

Collins, D. & R. Montgomery (2002). Forest development, wood jams, and restoration of floodplain rivers in the Puget Lowland, Washington. *Restoration Ecology* 10: 237-247.

Coesèl, M., J.H.J. Schaminée & I. van Duuren (2007). *De natuur als bondgenoot. De wereld van Heimans en Thijssse in historisch perspectief*. KNNV Uitgeverij, Utrecht, en IVN, Amsterdam, 288 pp.

Crombaghs, B.H.J.M. (2006). *Over beekforellen en rivierdonderpadden in het stroomgebied van de Geul. Een onderzoek naar de taxonomische status van de rivierdonderpad en het plaatsvinden van natuurlijke reproductie van de beekforel*. Rapport, Natuurbalans-Limes Divergens, Nijmegen.

Crombaghs, B.H.J.M., R.W. Akkermans, R.E.M.B. Gubbels & G. Hoogerwerf (2000). *Vissen in Limburgse beken. De verspreiding en ecologie van vissen in stromende wateren in Limburg*. Stichting Natuurpublicaties, Maastricht.

Crombaghs B.H.J.M. & W. Bosman (2006, red.). *Platform geelbuikvuurpad en vroedmeesterpad. Beschermingsplan geelbuikvuurpad & vroedmeesterpad in Limburg 2006-2010*. Natuurbalans-Limes Divergens & Stichting RAVON, Nijmegen.

Damstra, Y.K. & H.P.J. Huiskes (1996). *Bronnen van Orrust? Een onderzoek naar de verzuivering van het bronbos en de bronweides van graslandreservaat Cottessen*. Rapport, Internationale Agrarische Hogeschool Larenstein, Velp, 48 pp.

Detzel, P. (1998). *Die Heuschrecken Baden-Württembergs*. Eugen Ulmer, Stuttgart.

Eichhorn, K.A.O. (2007). *Zeldzame planten in de bossen van Zuid-Limburg. Voorlopige resultaten van het verspreidingsonderzoek over de periode 1996-2006*. Bfl-rapport 01. Bosflora.nl, Zeist (zie ook www.bosflora.nl).

- Ellenberg, H. (1978). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht*. 2 Auflage. Ulmer, Stuttgart, 981 pp.
- Gennip, B. van, J.A.M. Janssen & E.J. Weeda (2007). De kalktufbron, kleinood met een grote status. *Stratiotes* 35: 23-27.
- Geraeds, R.P.G. (2008) De Hambeek als tijdelijk habitat voor de Zuidelijke oeverlibel. *Natuurhistorisch Maandblad* 97: 41-43.
- Geraeds, R.P.G. & Van Schaik, V.A. (2005) Ecologische aspecten van de levenswijze van de Gaffellibel langs de Roer: inventarisaties van larvehuidjes in 2002 en 2003 en een vergelijking van inventarisatiemethoden. *Natuurhistorisch Maandblad* 94(1), 1-6.
- Gmelig Meyling, A.W., R.H. de Bruyne & S.M.A. Keulen (2006). *Inhaalslag Verspreidingsonderzoek Mollusken van de Europese habitatrichtlijn. Inventarisatieperiode 2004-2005. Zeggekorfslak (Vertigo moulinsiana)*. Stichting ANEMOON, Bennebroek.
- Gmelig Meyling A.W. & R.H. de Bruyne (2006). *Inhaalslag Verspreidingsonderzoek Mollusken van de Europese habitatrichtlijn. Inventarisatieperiode 2004-2005. Nauwe korfslak (Vertigo angustior)*. Stichting ANEMOON, Bennebroek.
- Gorissen, M.M.J., W.M.J. Evers & V. Westhoff (1983). Vochtige graslanden aan de voet van de beboste Maasdalhelling tussen Elsloo en Geulle. *Natuurhistorisch Maandblad* 72: 116-122.
- Goulson, D., M.E. Hanley, B. Darvill, J.S. Ellis & M.E. Knight (2005). Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation* 122: 1-8.
- Graitson, E., G. San Martin & P. Goffart (2005). Intérêt et particularités des haldes calaminaires wallonnes pour l'entomofaune: les cas des Lépidoptères Rhopalocères et des Orthoptères. *Notes Faunistiques de Gembloux* 57: 49-57.
- Hájek, M. (1998). *Mokřadní vegetace Bílých Karpat*. Sborník Přírodovědného Klubu, Uherské Hradiště, Supplementum 4, 158 pp.
- Hájková, P. & M. Hájek (2000). Streuwiesengesellschaften des Gebirges Hostýnské vrchy und ihre synchorologische Beziehungen im Bereich der mährischen Karpaten. *Linzer biologische Beiträge* 32: 763-790.
- Hájková, P., M. Hájek, D. Blažková, T. Kučera, M. Chýtrý, M. Řezníčková, K. Šumberová, T. Černý, J. Novák & D. Simonová. (2007). Louky a mezofilní pastviny (Molinio-Arrhenatheretea). In: M. Chýtrý (red.), *Vegetace České republiky 1. Travinná a keříková vegetace*. Academia, Praha: pp. 165-280.
- Harper D., J. Mekoťova, S. Hulme, J. White J. & J. Hall (1997). Habitat heterogeneity and aquatic macroinvertebrate diversity in floodplain forests. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6: 275-285.
- Havinga H.J. & R.M. van den Berg van Saparoea (1980). *Former vegetation and sedimentation in the valley of the river Geul*. Mededeling Landbouwhogeschool Wageningen 80-8: 47-59.
- Hendriks, W.P.A.M. (1985). *Het Grondwater van het Centraal Plateau (Z-Limburg)*. Geografisch Instituut der Rijksuniversiteit Utrecht. 207 pp.
- Hendriks, W.P.A.M. & C.R. Meinardi (2004). *Bronnen en bronbeken van Zuid-Limburg. Kwaliteit van grond, bron- en beekwater*. RIVM rapport 500003003/2004, RIVM/ RWS Zuid-Limburg, 82 pp..

Leenaers, H. (1989). *The dispersal of metal mining wastes in the catchment of the river Geul (Belgium - The Netherlands)*. Nederlandse Geografische Studies 102, Amsterdam/ Utrecht, 199 pp..

Hermans, J.T., H. Hillegers, P. Spreuwenberg & W. de Veen (1983). De Peschbeemden, een nog onbekend hellingveentje. *Natuurhistorisch Maandblad* 72: 237-241.

Hochkirk, A. (1996). Die Bedeutung der Eiablage in Totholz für Habitatbindung und Ausbreitung bei *Chrysochraon dispar. Articulata* 11: 91-97.

Hommel, P.W.F.M. & K.W. van Dort (2000). Het Ravensbosch. In: P.W.F.M. Hommel, M.A.P. Horsthuis & V. Westhoff (red.). *Excursieverslagen 1997*. Plantensociologische Kring Nederland, Wageningen, pp. 12-17.

Hommel, P.W.F.M. & V. Westhoff (2000). Kloosterbosch en Ravensbosch. In: P.W.F.M. Hommel, M.A.P. Horsthuis & V. Westhoff (red.). *Excursieverslagen 1998*. Plantensociologische Kring Nederland, Wageningen, pp. 9-15.

Hommel, P.W.F.M. (2004). Ravensbosch en Kloosterbosch. In: P.W.F.M. Hommel & M.A.P. Horsthuis (red.). *Excursieverslagen 2000*. Plantensociologische Kring Nederland, Wageningen, pp. 20-23.

Houte de Lange, S.M. ten (1987). Ruimtelijke heterogeniteit en fauna - een literatuurstudie. *Landschap* 3: 196-215.

Jalink, M.H. (1987). *Veldrusvegetaties in enkele Friese beekdalen*. Rapport Laaglandbekenproject no. 13, Rijksuniversiteit Groningen / PPD-Friesland. Haren, 61 pp.

Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée (2003). *Europese Natuur in Nederland. Habitattypen*. Uitgeverij KNNV, Utrecht, 120 pp.

Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée (2008). *Europese Natuur in Nederland. Soorten van de Habitatrichtlijn*. Tweede, sterk herziene en uitgebreide druk. KNNV Uitgeverij, Utrecht, 183 pp.

Kern, J.H. & Th.J. Reichgelt (1954). *Cyperaceae, Carex*. Flora Neerlandica I (3). Koninklijke Nederland-se Botanische Vereniging, Amsterdam: 1-133.

Keulen, S.A.M. (1999). De Kathager beemden. *Natuurhistorisch Maandblad* 88: 247-252.

Killeen, I.J. (2003). *Ecology of Desmoulin's Whorl Snail. Conserving Natura 2000*. Rivers Ecology Series No. 6. English Nature, Peterborough.

Kuiper, P.J.C. (1956). *Vegetatiekundig onderzoek in het Ravensbos (Z.L.)*. Laboratorium voor plantensystematiek en -geografie, Rijksuniversiteit Groningen. Natuurwetenschappelijk Archief, Staatsbosbeheer, Driebergen, 50 pp.

Lambrechts, J. (2002). Ongewervelden en ruigte – Het belang van overblijvende vegetaties voor sprinkhanen. *Natuurhistorisch Maandblad* 91: 141-144.

Liley, D. (2005). Tree and scrub clearance to enhance habitat for the southern damselfly *Coenagrion mercuriale* at Creech Heath, Dorset, England. *Conservation Evidence* 2: 131-132.

Looy, K. van, S. Vanacker, H. Jochems, G. de Blust & M. Dufrene (2005). Ground beetle habitat templates and riverbank integrity. *River Research and Applications* 21: 1133-1146.

Marquet, P.L., 1966. De jeker. *De Levende Natuur* 69: 220-229.

Mars, H. de (1998). *Ecodydrologische atlas Limburg 1989-1996*. Verdrogingsonderzoek Limburg. Provincie Limburg, Maastricht.

- Mars, H., C.R. van Gool & C. van Tijen (1998). Ecohydrologische atlas van Limburg 1989-1996. Provincie Limburg, Maastricht.
- Meijden, R. van der & W.J. Holverda (2006). Revisie van het NHN-herbariummateriaal van *Carex lepidocarpa* Tausch (Schubzegge) en *Carex flava* L. (Gele zegge) in Nederland. *Gorteria* 31: 129-136.
- Meijden, R. van der, C.L. Plate & E.J. Weeda (1989). *Atlas van de Nederlandse flora 3. Minder zeldzame en algemene soorten*. Rijksherbarium, Leiden, 264 pp.
- Miedema, R. (1980). *Incidence and distribution of carbonates in the soils of the meandering river Geul*. Mededeling Landbouwhogeschool Wageningen 80-8: 27-45.
- Moor, J.J.W. de (2006). *Human impact on Holocene catchment development and fluvial processes - the Geul catchment, SE Netherlands*. Dissertatie Vrije Universiteit Amsterdam, 141 pp..
- Nieuwenhoven-Sunier, L. van, P.J.H. van Bree & S. Daan (1965). Notities over Geelbuikpad, *Bombina variegata*, (Linnaeus 1758) in Nederland. *Natuurhistorisch Maandblad* 54: 7-14.
- NVL (Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie (2002). *De Nederlandse Libellen (Odonata)*. Nederlandse Fauna 4. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & European Invertebrate Survey-Nederland, Leiden.
- Nota D.J.G, A.M.G. Bakker, B. van der Weerd & G. Halma (1988). *A hydrogeological study in the basin of Gulp creek. A reconnaissance in a small catchment area. Part 3: Chemistry of surface and groundwater*. Agricultural University Papers 87-7. Wageningen Agricultural University.
- Op den Kamp, O.P.J.H. (2002). Een nieuwe vondst van het Klaverblauwtje (*Polyommatus semiargus*). *Natuurhistorisch Maandblad* 91: 191-194.
- Overmars, W., W. Helmer, G. Litjens (1996). *Beekdalontwikkeling Beneden-Geul*. Studie in opdracht van de provincie Limburg. Bureau Stroming, Laag Keppel.
- Ozinga, W.A. (2008). *Assembly of plant communities in fragmented landscapes. The role of dispersal*. Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen.
- Paetzold, A., J.F. Bernet & K. Tockner (2006). Consumer-specific responses to riverine subsidy pulses in a riparian arthropod assemblage. *Freshwater Biology* 51: 1103-1115.
- Peters, B., M. Marniks & N. Schaafstra (1999a). Het Wormdal beekdalprocessen en natuurwaarden. *Natuurhistorisch Maandblad* 88: 155-160.
- Peters, B., H. van Buggenum, R. Gubbels, J. Hermans & A. Ovaa (1999b). Flora en fauna van het Geuldal. *Natuurhistorisch Maandblad* 88: 161-164.
- Porter, K. (1982). Basking behaviour in larvae of the butterfly *Euphydryas aurinia*. *Oikos* 38: 308-312.
- Reemer, M. & R. Krekels (2007). De natste sprinkhanen van Nederland: de Moeras- en de Zompsprinkhaan. *De Levende Natuur* 108: 124-139.
- Reichgelt, Th.J. (1956). *Cyperaceae excl. Carex*. Flora Neerlandica I (4). Koninklijke Nederlandse Botanische Vereniging, Amsterdam, 52 pp.
- Reichgelt, Th.J. (1964). *Juncaceae*. Flora Neerlandica II(6). Koninklijke Nederlandse Botanische Vereniging, Amsterdam, pp. 164-209.

- Renes, J. (1988). *De gescheidenis van het Zuid-Limburgse cultuurlandschap*. Maaslandse Monografieën 6. Van Gorcum, Assen/ Maastricht, 265 pp.+kaarten.
- Renes, J. (1993). Het cultuurlandschap van Mergelland-Oost. *Natuurhistorisch Maandblad* 82: 3-27.
- Renes, J. (2000). Krijt/lösslandschap. In: Barends et al., *Het Nederlandse landschap. Een historisch geografische benadering*. Matrijs, Utrecht, 128-141.
- Reumkens, H.G.P. & J.T. Hermans (2007) De Rüschergroeve: van kleigroeve naar libellenbakermat. *Natuurhistorisch Maandblad* 96: 85-88.
- Sabo, J.L. & M.E. Power (2002). Numerical response of lizards to aquatic insects and short-term consequences for terrestrial prey. *Ecology* 83: 3023-3036.
- Schaminée, J.H.J. (1996). De Noorbemden. In: P.W.F.M. Hommel & M.A.P. Horsthuis (red.). *Excursieverslagen 1994*. Plantensociologische Kring Nederland, Wageningen, pp. 26-29.
- Schaminée, J.H.J. (2007). Vegetatiecomplexen en hun binding aan fysiotopen. *Stratiotes* 33/34: 24-34.
- Schaminée, J.H.J. & M.G.H. Bongers (1991). Vochtige hooilanden langs de Mechelderbeek (Zuid-Limburg), een plantensociologische en landschapsoecologische beschouwing. *Natuurhistorisch Maandblad* 80: 125-135.
- Schaminée & A.J.M. Jansen (2001, red.). *Wegen naar natuurdoeltypen 2. Ontwikkelingsreeksen en hun indicatoren voor herstelbeheer en natuurontwikkeling (sporen B en C)*. Rapport 46, Directie Natuurbeheer, Wageningen, 364 pp.
- Schaminée, J.H.J., J.A.M. Janssen, R. Haveman, S.M. Hennekens, G.B.M. Heuvelink, H.P.J. Huiskes & E.J. Weeda (2006). *Schatten voor de natuur. Achtergronden, inventaris en toepassingen van de Landelijke Vegetatie Databank*. Uitgeverij KNNV, 112 pp.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda (1996). *De Vegetatie van Nederland 3. Plantengemeenschappen van graslanden zomen en droge heiden*. Opulus, Uppsala/Leiden, 356 pp.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff (1995). *De Vegetatie van Nederland 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden*. Opulus, Uppsala/Leiden, 358 pp.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff (1998). *De Vegetatie van Nederland 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus*. Opulus, Uppsala/Leiden, 346 pp.
- Schouten, M.A. (2007). *Patterns in Biodiversity: Spatial organisation of biodiversity in the Netherlands*. Proefschrift, Universiteit van Utrecht, Utrecht.
- Schumacher, W. (1977). *Flora und Vegetation der Sötenicher Kalkmulde (Eifel)*. Decheniana, Beiheft 19, 199 pp.
- Schmid, B.W. (1980). *Carex flava L. s. l. im Lichte der r-Selektion*. Diss. Zürich. Juris, Zürich, 361 pp.
- Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée & P.W.F.M. Hommel (1999). *De Vegetatie van Nederland 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen*. Opulus, Uppsala/Leiden, 376 pp.
- Stumpel, A.H.P. (2004). *Reptiles and amphibians as targets for nature management*. Alterra scientific contributions 13. Alterra Green World Research, Wageningen

- Vera, F.W.M. (1997). *Metaforen voor de wildernis: eik, hazelaar, rund en paard*. Dissertatie Landbouw-universiteit Wageningen. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, 440 pp.
- Verberk, W.C.E.P. (2008). *Matching species to a changing landscape – Aquatic macroinvertebrates in a heterogeneous landscape*. Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen.
- Verberk, W.C.E.P., G.A. van Duinen, A.M.T. Brock, R.S.E.W. Leuven, H. Siepel, P.F.M. Verdonschot, G. van der Velde & H. Esselink (2006) Importance of landscape heterogeneity for the conservation of aquatic macroinvertebrate diversity in bog landscapes. *Journal for Nature Conservation* 14: 78-90.
- Verdonschot P.F.M., M.W. van den Hoorn & T. van den Hoek (2001). Aquatic ecology of lowland streams. In: P.E.V. van Walsum et al. (eds.), *Effects of climate and land-use change on lowland stream ecosystems*. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, Report no.: 410 200 067. Alterra, Wageningen, pg. 93-110.
- Verdonschot P.F.M. & R.C. Nijboer (2000): Typology of macrofaunal assemblages applied to water and nature management: a Dutch approach. In: J.F. Wright et al. (eds.), *Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques*. Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria, UK. The RIVPACS International Workshop, 16-18 September 1997, Oxford, UK, pg. 241-262.
- Vermeulen, B. (1976). *Het Mechelderbeekdal*. In: Planten-, Vogel-, Insekten- en Zoogdierenwerkgroep van de Chr. Jeugdbond van Natuurvrienden, Oostelijk Mergelland. Inventarisatie van het oostelijk Mergelland met het oog op het toekomstige landschapspark. Jeugdbonden voor Natuurstudie (C.K.J.N., N.J.N.), pp. 87-103.
- Vermulst, J.A.P.H. (2002). *Stroomgebiedsvisie Geul en Jeker: eindrapport, kaarten en bijlagen*. Buro Royal Haskoning. 88 pp.
- Vermulst, J.A.P.H. & H. de Mars (2003). *Historisch onderzoek hydrologie en ecologie Jekerdal*. Rapportnr. 9M1412. Royal Haskoning, Arnhem.
- Waal, R. de (2007). Fysiotoepen van Nederland. Een nieuwe standplaatsindeling op basis van abiotische kenmerken. *Stratiotes* 33/34; 14-24.
- Wallis de Vries, M.F. & J.C. Knotters (2000). Effecten van gefaseerd maaibeheer op de ongewervelde fauna van graslanden. *De Levende Natuur* 101: 37-41.
- Wallis de Vries, M.F. & C.A.M. Van Swaay, (2006) Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling. *Global Change Biology* 12: 1620–1626.
- Walter, R.C. & D.J. Merritts (2008). Natural streams and the legacy of water-powered mills. *Science* 319: 299-304.
- Weeda, E.J. (2007). De Kathager Beemden: grasland vol moeras- en bosplanten, met het *Crepido-Juncetum acutiflori* als spil. *Stratiotes* 33/34: 35-68.
- Weeda, E.J. & S.M.A. Keulen (2007). Veranderingen in de plantengroei van de Kathager Beemden. *Natuurhistorisch Maandblad* 96: 21-29.
- Weeda, E.J., S.M.A. Keulen & J.W. Koelink (2006). Maaibeheer in de Kathager Beemden beloond: Veenzegge (*Carex davalliana* Sm.) nieuw voor Nederland. *Natuurhistorisch Maandblad* 95: 262-268.
- Weeda E.J., W.A. Ozinga & G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis (2006) *Diversiteit hoog houden. Bouwstenen voor een geïntegreerd natuurbeheer*. Wageningen. Alterra-rapport 1418.

- Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren (2002). *Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland 2. Graslanden, zomen en droge heiden*. Uitgeverij KNNV, Utrecht, 224 pp.
- Werf, S. van der (1991). *Bosgemeenschappen*. Natuurbeheer in Nederland 5. Pudoc, Wageningen, 375 pp.
- Westreenen, F.S. van (1991). *Flora en vegetatie van het Ravensbosch*. Notitie t.b.v. beheersplan. Natuurwetenschappelijk Archief, Staatsbosbeheer, Driebergen, 13 pp.
- Wheeler, B.D. (1980). Plant communities of rich-fen systems in England and Wales. II. Communities of calcareous mires. *Journal of Ecology* 68: 405-420.
- Westenringh, W. van de (1979). Bodemkundig onderzoek in het dal van de Eyserbeek bij Cartiels. *Natuurhistorisch Maandblad* 68: 234-239.
- Westenringh, W. van de (1980a). *Soil and teir geology in the Geul valley*. Mededeling Landbouwhogeschool Wageningen 80-8: 1-25.
- Westenringh, W. van de (1980b). *Een bodemkartering in het Gulpdal tussen Waterop en Groenendaal*. *Natuurhistorisch Maandblad*, 69.
- Zechmeister, H. & L. Mucina (1994). Vegetation of European springs: High-rank syntaxa of the Montio-Cardaminetea. *Journal of Vegetation Science* 5: 385-402.
- Zuidhoff, A.C., J.H.J. Schaminée & R. van 't Veer (1996). Molinio-Arrhenatheretea. In: J.H.J. Schaminée, E.J. Weeda & V. Westhoff (red.), *De vegetatie van Nederland 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden*. Uppsala/Leiden, pp. 163-226.
- Zuijlen, J.W.A. van, T.M.J. Peeters, P.S. van Wielink, A.P.W. van Eck & E.H.M. van Bouvy (1996). Brand-stof. *Een inventarisatie van de entomofauna van het natuuresrvaat 'De Brand' in 1990*. Insektenwerkgroep K.N.N.V.-afdeling Tilburg, Tilburg.