

Droog zandlandschap

Bijlsma, R.J., J. Sevink & R.W. de Waal

Algemene karakterisering en indeling

Het droog zandlandschap omvat voedselarme, zandige tot sterk lemige bodems met een gemiddelde grondwaterstand die ver beneden de bewortelbare zone ligt. Kenmerkend is de geringe beschikbaarheid van voedingsstoffen, gevoeligheid voor verzuring en het veelal gering vochthoudend vermogen, leidend tot een standplaats die omschreven kan worden als zuur, arm en droog. Stagnerend en lokaal uittredend water kunnen belangrijk zijn voor de vochtvoorziening. Binnen het droge zandlandschap onderscheiden wij oude landschappen en het jonge stuifzandlandschap, waarvan de laatste als enige gekenmerkt wordt door een hoge geomorfologische dynamiek. De oude landschappen worden hier verder ingedeeld op basis van de geologische en geomorfologische gesteldheid en de landgebruiksgeschiedenis. Dit leidt tot de volgende vier gradiënttypen:

- Gradiënttype 1: Stuifzandlandschap.
- Gradiënttype 2: Grondmorene- en terrassenlandschap incl. overliggende lokale dekzanden, stuifzanden en rivierduinen.
- Gradiënttype 3: Stuwvallandschap incl. spoelzandvlaktes en lokale overliggende dekzanden, löss en stuifzanden.
- Gradiënttype 4: Dekzandlandschap incl. de hieruit ontstane lokale stuifzanden.

Gradiënttype 1 omvat de grote stuifzandgebieden met actief zand, vooral rond het Veluwemassief en verder in Drenthe en Brabant. Gradiënttype 2 omvat grote delen van Drenthe, Oost-Twente, rond Winterswijk (grondmorene) en Midden-Limburg emosaieken en West-Brabant (terrasvlaktes en -plateaus); terrasvlaktes met droge oude rivierklei ('rivierleem') en oude plateauresten in de zuidwestelijke Achterhoek, Liemers en het westelijk Rijk van Nijmegen; en het Tertiaire zandlandschap van de Brunssumerheide. Gradiënttype 3 is beperkt tot Oost- en Midden-Nederland. Gradiënttype 4 zijn de door dekzandruggen en -laagtes gekenmerkte regio's verspreid over de hogere zandgronden, en grootschalig vooral in Oost-Nederland, de Gelderse Vallei en Noord-Brabant. De herkenning en ruimtelijke schaal van voorkomen wordt hieronder nader besproken. Bijlage 1 geeft voor alle Natura 2000-gebieden met droog zandlandschap een overzicht van het voorkomen van de gradiënttypen.

Bij de afbakening en herkenning van gradiënttypen en uiteindelijk bij de formulering van herstelmaatregelen in het abiotisch statische droog zandlandschap speelt variatie in moedermateriaal een grote rol: leemgehalte, basenstatus, P-beschikbaarheid en stagnatie/vocht-huishouding (zie hierboven). In Bijlage 2 wordt het moedermateriaal van de gradiënttypen nader gekarakteriseerd voor zover ecologisch relevant.

De gradiënttypen kunnen als volgt worden onderscheiden:

- Het type stuifzandlandschap is alleen aanwezig als sprake is van een 5-10 km² groot gebied met stuifzandbodems (vooral duin- en vlakvaaggronden) met overwegend intact reliëf en een enkele tientallen ha grote kern van open zand (tenminste nog aanwezig na 1980). Geomorfologisch is het gekarakteriseerd door hoge en lage landduinen (met bijbehorende laagtes) en stuifvlaktes. De abiotische heterogeniteit binnen dit type komt op rekening van

sterke verschillen in expositie binnen het mozaïek van uit-, over- en opgestoven elementen (Koster 1978), elk met eigen vochtuithouding en diepte van onverstoven moedermateriaal. Dit type komt voor in de Natura 2000-gebieden Drents-Friese Wold (Aekingerzand), Veluwe (Beekhuizer- en Hulshorsterzand, Stroesche Zand, Kootwijkerzand, Harskamperzand, Wekeromse Zand, Mosselse Zand), Loonse en Drunense Duinen en Weerter- en Budelerbergen. Buiten Natura 2000: Soester Duinen en Oirschotse Heide. Alle kleinere of langer begroeide stuifzanden worden ongeacht de oppervlakte open zand beschouwd als onderdeel van het gradiënttype waarin het stuifzand ligt en dragen daar bij aan de (a)biotische heterogeniteit van dat type (zie Bijlage 1).

- Het grondmorene- en terrassenlandschap betreft gebieden van tenminste enkele tientallen aaneengesloten ha (meestal vanaf enkele km²). Naast grondmorenes en terrasvlaktes en -plateaus worden ook ruggen in Drenthe (zoals de Hondsrug) tot dit type gerekend. Het landschap is bodemkundig heterogeen waarbij typen met ondiepe leem of klei domineren. In noordelijk Nederland gaat het om bodems in dekzand met ondiepe keileem. Deze liggen onder andere in Oost-Nederland en op het West-Brabants Plateau. De Maasterrassen bestaan naast oude klei(brik)gronden vooral uit lemige moderpodzolgronden en vorstvaaggronden, al dan niet met ondiep grind. De rivierduinen langs de Maas worden ook tot het terrassenlandschap gerekend. De terrasvlaktes van het Oude IJssel-gebied en ten westen van Nijmegen bestaan voornamelijk uit oude kleigronden. Stagnerend water draagt verder bij aan de abiotische heterogeniteit van dit gradiënttype (Spek 2004, Van Beek 2009, Renes 1999, Koomen et al. 2006).
- De meeste stuwwallandschappen zijn van enige afstand te herkennen als lage heuvels en ruggen. Het stuwwallandschap is qua schaal gedefinieerd door de samenhangende geomorfologie van hoge stuwwallen, stuwwalplateaus en -glooiingen, droge dalen en daluitspoelingswaaiers. Ook smeltwaterwaaiers (sandr) en -terrassen (kame) langs en tussen de stuwwallen behoren tot dit type. Het gestuwde materiaal heeft een heterogene textuur en kan dan ook over korte afstanden sterk verschillen, van leem tot grind (zie Bijlage 2). De ruime aanwezigheid van oude zand-, grind- en leemkuilen en het voorkomen van Vroegmiddeleeuwse ijzerkuilen in stuwwallen is karakteristiek. Droge humuspodzolgronden (leemarm materiaal) en moderpodzolgronden en enkeerdgronden (lemig materiaal) domineren. De uit lokale zones met dekzand ontstane stuifzandjes en randwallen dragen bij aan de abiotische heterogeniteit van het gradiënttype. Het grondwater zit overwegend zeer diep. Oppervlaktewater is schaars. Dit type komt voor vanaf Zuid-Drenthe en de Kop van Overijssel tot in het Rijk van Nijmegen (de maximale uitbreiding van het landijs tijdens de Saale-ijstijd). De noordelijkste stuwwallen (o.a. Havelterberg) bestaan deels uit gestuwde keileem. De stuwwallen van Midden-Nederland bestaan uit gestuwde rivierafzettingen.
- Het dekzandlandschap omvat de door dekzandruggen en -gordels en laagtes met (verspoelde) dekzanden gedomineerde terreinen voor zover geen sprake is van ondiepe oudere afzettingen (zie grondmorene- en terrassenlandschap en stuwwallenlandschap). Doordat dekzand op grote schaal en vaak in dikke pakketten is afgezet, fungeert dit type als matrix voor bodems van de hogere zandgronden. Kenmerkend is het reliëf van ruggen en laagtes en daarmee het voorkomen van droog/nat-gradiënten die sturend zijn geweest bij plaats keuze (nederzettingen, akkers) en historisch landgebruik incl. daarvan afgeleide habitattypen. Bij herstel staat de gehele nat/droog-gradiënt centraal (zie ook Nat zandlandschap en Beekdalen). De hier behandelde droge tot vochtige component omvat niet alleen de droge humuspodzolgronden van de dekzandruggen maar ook de oorspronkelijk

natte laagtes met veldpodzolgronden die door ontginning structureel zijn verdroogd of hooguit alleen tijdelijk nat zijn. Uitgestrekte dekzandlandschappen komen voor in Drenthe, Oost-Nederland, de IJsselvallei, de Gelderse Vallei en Midden-Brabant (Roerdalslenk).

Belang van mozaïeken en gradiënten voor de fauna

De meeste diersoorten zijn niet gebonden aan één habitat, maar zijn afhankelijk van meerdere habitats of gradiënten tussen habitats (o.a. [Bijlsma et al. 2010](#)). In een gevarieerd landschap vinden dan ook meer diersoorten een geschikte leefomgeving dan in een eenvormig landschap. Het droog zandlandschap kenmerkt zich door grofkorrelige mozaïeken en overgangen (V1b) van matig voedselrijke naar voedselarme en gebufferde naar zure terreindelen (macroschaal) en overgangen naar het Natte Zandlandschap en beekdallandschap (meso- tot megaschaal). Binnen dit landschap leidt met name gebruik en beheer van het landschap (soms zeer lokaal) tot een fijnkorreliger mozaïekstructuur van habitats (V1a). In deze paragraaf worden enkele algemene patronen beschreven met betrekking tot mozaïeken van habitats, geomorfologische dynamiek, reliëf, en vegetatiestructuur. In de afzonderlijke landschappelijke gradiënten worden deze patronen verder uitgewerkt.

Mozaïeken van verschillende habitats zijn essentieel voor zeer veel diersoorten. In de meeste gevallen fungeren deze verschillende habitats als voortplantingslocatie, schuilplaats, foerageerplek, etc. Belangrijke combinaties van habitats zijn bij voorbeeld bos en heide of stuifzanden. Tussen het Droog Zandlandschap en andere landschappen zijn combinaties belangrijk van bos of droge heide met voedselrijke of natte habitats als vennen, beekdalgraslanden, etc.

Stuifzanden worden gekenmerkt door geomorfologische dynamiek. In veel gevallen betreft dit winddynamiek die op sommige locaties tot erosie leidt (uitstuiving) en op andere locaties tot ophoping van zand (accumulatie). Dit levert naast een vrij geleidelijke overgang in bodemdynamiek (V5) ook een kleinschalig mozaïekpatroon op van duintoppen en valleien en hellingen met verschillen in expositie en inclinatie (V1a). Deze kleinschalige variatie is door het veelal ontbreken van vochtige tot natte habitats en menselijke invloed echter minder groot dan in de zeer complexe kustduinen (zie Droog Duinlandschap). Op hellingen kan ook afspoeling van zand en organisch materiaal door regenwater plaatsvinden, waardoor er naast een overgang in bodemdynamiek ook een zeer lokale overgang in voedselrijkdom ontstaat.

Reliëf in het landschap zorgt zowel voor overgangen van droge naar natte habitats als voor een grote variatie in microklimaat. Dit reliëf kan zowel op macroschaal (stuwwallen, terrassen), mesoschaal (stuifduincomplexen) als nanoschaal optreden, bijvoorbeeld als interne heterogeniteit (V6) of bij landschappelijke elementen als steilranden (V2). Variatie in vegetatiestructuur is belangrijk omdat hoge en dichte vegetaties meestal een andere functie hebben (bijvoorbeeld schuilmogelijkheid en overwinteringslocatie) dan lage, open vegetaties (opwarmplekken, eiafzet). Daarnaast zijn zowel scherpe als geleidelijke overgangen in vegetatiestructuur van belang voor de oriëntatie van dieren in het landschap. In het Droog zandlandschap zijn bijvoorbeeld mantel en zoomvegetaties tussen bos en open vegetaties (V5) van belang. De variatie in vegetatiestructuur kan zich ook op zeer kleine schaalniveaus manifesteren. Voor kleine dieren is de interne heterogeniteit (V6) van een vegetatiestructuur van belang, bijvoorbeeld de afwisseling van heidestruiken en open zandige of (korst)mosrijke begroeiingen in Stuifzandheides.

Algemene knelpunten en oplossingsrichtingen

Verdwenen landschapsgradiënten in bodemvruchtbaarheid en landgebruik

- Voor alle gradiënttypen geldt dat de karakteristieke flora en fauna is gespecialiseerd in het benutten van subtiele verschillen in de inherent geringe voedsel- en mineralenbeschikbaarheid. Deze verschillen hangen samen met subtiele verschillen in moedermateriaal, in het bijzonder de mineralogische samenstelling hiervan, en met de agrarische historie van de zandlandschappen, waarbij enerzijds de voor ontginning minst geschikte buitengebieden (heidevelden en andere woeste gronden) zijn verschaald door begrazing en plaggen, en anderzijds akkers (essen, engen, enken) op de voor ontginning meest geschikte bodems nog verder werden verrijkt. De aan natuurlijke bodemvruchtbaarheid gerelateerde samenhang van vegetatietypen en landgebruiksvormen is in de loop van de 20ste eeuw verloren gegaan, in eerste instantie als gevolg van grootschalige ontginning (oprichting Heidemij, SBB) en de toepassing van kunstmeststoffen, later ook door verzurende depositie en stikstofdepositie. Voor het stuifzandlandschap geldt daarbij dat de successie door deze depositie sterk is versneld, gepaard gaande met een afname van de geomorfologische dynamiek en met verlies van stuifzandbiotoop. De directe en indirecte gevolgen hiervan op perceelsniveau komen bovenop een ontwikkeling op landschapniveau waarbij leefgebied in het cultuurlandschap door intensivering is verdwenen en de betreffende soorten niet anders kunnen dan overleven in geïsoleerde en (te) voedselarme natuurgebieden.

Voortgaande veroudering en uitloging van bodems

- De bodems van het droog zandlandschap worden niet verjongd of vernieuwd met kalk- of basenrijk materiaal dat van elders wordt aangevoerd zoals in het rivieren- en kustgebied. De wortelzone wordt niet regelmatig aangevuld met basische kationen zoals in grote delen van het Nat zandlandschap en in de beekdalen. Het droog zandlandschap kent geen gradiënten en dynamiek als gevolg van inundaties, grondwaterstromen en -fluctuaties. Het is in abiotische zin het meest statische en daardoor ten aanzien van ecologisch herstel het meest problematische landschap. Uitloging en verzuring zijn inherent aan dit landschap. Dit alles betekent dat praktisch gesproken alleen natuurlijke successie en landgebruik en -beheer (door mens en dier) als 'sturende processen' gelden. Binnen het droog zandlandschap kent het stuifzandlandschap nog de meeste geomorfologische dynamiek, althans voor zover er nog sprake is van actief stuifzand. In abiotische zin is dit het minst statische gradiënttype maar de instandhouding van dynamiek is hier problematisch. Overigens zijn ook hier uitloging en verzuring bij voortschrijdende successie karakteristiek.

Invasieve uitheemse boom- en struiksoorten

- In de loop van de 20ste eeuw zijn grote delen van het droog zandlandschap ingeplant met Grove den en uitheemse boom- en struiksoorten zoals Douglasspar, Lariks, Amerikaanse eik en Amerikaanse vogelkers. Veel van deze soorten blijken zich invasief te gedragen wat vooral in de voedselarme delen van het landschap tot problemen leidt bij de ontwikkeling en het beheer van habitattypen. Enerzijds heeft de komst van Grove den en uitheemse boomsoorten geleid tot nieuwe biodiversiteit en nieuw leefgebied voor inheemse soorten, anderzijds zijn vooral natuurtypen op voedselarme bodems nog sterker onder druk komen te staan en is herstel soms uitzichtloos als gevolg van het invasieve gedrag van exoten. Binnen Natura 2000-gebieden zou de invloed van exoten zodanig moeten worden teruggebracht dat herstel en ontwikkeling van habitattypen duurzaam kan plaatsvinden. Dit vraagt om genuanceerde planvorming op landschapsschaal (Bijlsma 2011).

Nivellering van contrasten in microklimaat

- Binnen het droge zandlandschap bestonden door aanzienlijke verschillen in neerslagoverschot, reliëf (noord- en zuidhellingen), stagnatie (wisselvochtigheid) en moedermateriaal (lemig versus leemarm) aanzienlijke verschillen in microklimaat en vochtbeschikbaarheid en -nalevering. Door heide- en stuifzandbebouwingen met successie naar loofbos en door de uitbreiding van relatief productieve soorten in korte vegetaties (bepaalde grassen en bladmossen) zijn de voorheen optredende contrasten in microklimaat (sterk opwarmende versus sterk afkoelende standplaatsen) genivelleerd ten gunste van een gemiddeld koeler microklimaat (Wallis de Vries & Van Swaay 2006). 'Overlast' door langdurig stagnerend water behoort in het droog zandlandschap vrijwel tot het verleden. Deze nivellering is een knelpunt enerzijds voor noordelijke soorten die afhankelijk zijn van afkoelende standplaatsen ('open schaduw': Barkman & Stoutjesdijk 1987) zoals boreaal-montane mossen in heideterreinen en veenmossen in stuifzandveentjes (Siebel & Bijlsma 2007, Bijlsma 2010), anderzijds ook voor flora en fauna die voor hun ontwikkeling afhankelijk zijn van sterke opwarming (Fanta 2010, Nijssen et al. 2011 hoofdstuk 3).

Oplossingsrichtingen

Deze schets van algemene knelpunten geeft ook richting aan oplossingen voor herstel van stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden op landschapsschaal, waarbij mitigatie, risicospreiding en uitwijkmogelijkheden belangrijke componenten zijn:

- Beter of opnieuw beschikbaar maken van gradiënten en mozaïeken in abiotische heterogeniteit van moedermateriaal (vochtbeschikbaarheid, textuur, mineralen, P) en het aankoppelen van relatief productievere systemen op landschapsschaal.
- Waar mogelijk op landschapsschaal herstellen van de geomorfologische dynamiek in het geval van stuifzandlandschappen.
- Herstellen of ontwikkelen van biotische gradiënten (overgangen tussen begroeiingstypen/vormen van landgebruik) gericht op bedreigde flora en fauna incl. uitwijkmogelijkheden: tijdelijk of alternatief leefgebied, broedgebied, foerageergebied.
- Zoneren van functies gericht op gradiënten in verstoringregime (oogst, beheermaatregelen, terreingebruik), zodanig dat enerzijds tijdelijke en meer permanente openheid en structuurdiversiteit ontstaan en anderzijds ruimte voor langdurige natuurlijke ontwikkeling (successie, patch-dynamiek, humusprofielontwikkeling).
- zodanig zoneren van de productie- en natuurfunctie in bosgebieden dat uitbreiding van uitheemse boomsoorten in habitattypen zo goed mogelijk wordt voorkomen. Tegelijkertijd het structureel terugdringen van de dominante invloed van invasieve exoten op de vegetatieontwikkeling in de voedselarme delen van het droog zandlandschap, met name de invloed van Amerikaanse vogelkers en Amerikaanse eik.
- Herstellen van de ruimtelijke samenhang van habitattypen en de uitwisseling van soorten en diasporen op landschapsschaal waarbij landschapselementen met een lange historische continuïteit in landgebruik (oude graslanden, heiden, bossen, wallen, bermen) als bronnen (uitvalsbases) dienen van biodiversiteit (incl. bodemfauna).

Literatuur

- Barkman, J.J. & Ph. Stoutjesdijk 1987. Microklimaat, vegetatie en fauna. Pudoc, Wageningen.
- Bijlsma, R.J. 2010. Bryophyte hot-spots in drift-sand forests. In J. Fanta & H. Siepel (eds.), *Inland drift sand landscapes*. KNNV Publishing, Zeist; 217–233.
- Bijlsma, R.J., R. Huiskes, R.H. Kemmers, W.A. Ozinga & W.C.E.P. Verberk 2010. Complexe leefgebieden. Het belang van gradiëntecosystemen en combinaties van ecosystemen voor het behoud van biodiversiteit. *Alterra-rapport 1965*, Wageningen.
- Bijlsma, R.J. 2011. Naaldbossen en paddenstoelen: op zoek naar ecologische criteria voor waardering. *Coolia* 54 (1): 9–15.
- Fanta, J. 2010. Microclimate in a drift-sand area and its role in primary succession. In J. Fanta & H. Siepel (eds.), *Inland drift sand landscapes*. KNNV Publishing, Zeist; 99–106.
- Koomen, A., P. Kiden & E. Verbauwen (red.) 2006. Van beekdal tot stuifduin; aardkundige waarden in Noord-Brabant. Provincie Noord-Brabant.
- Nijssen, M., M.J.P.M. Riksen, L. Sparrius, R.J. Bijlsma, A. van der Burg, H.F. van Dobben, P.D. Jungerius, R. Ketner-Oostra, A. Kooiman, L. Kuiters, C. van Swaay, C. van Turnhout, & R. de Waal 2011. Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van stuifzanden. Ministerie van EL&I, directie IFZ. Rapport 2011/OBN144-DZ, Den Haag.
- Renes, J. 1999. Landschappen van Maas en Peel. Een toegepast historisch-geografisch onderzoek in het streekplangebied Noord- en Midden-Limburg. Eisma, Leeuwarden.
- Siebel, H.N. & R.J. Bijlsma 2007. Europese verspreiding en status van Nederlandse mossen. *Buxbaumiella* 77: 22–48.
- Spek, Th. 2004. Het Drentse esdorpenlandschap. Een historisch-geografische studie. Matrijs, Utrecht.
- Van Beek, R. 2009. Reliëf in tijd en ruimte. Interdisciplinair onderzoek naar bewoning en landschap van Oost-Nederland tussen vroege prehistorie en middeleeuwen. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- 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.

Gradiënttype 1: Stuifzandlandschap

Beknopte beschrijving

Geomorfologie en ruimtelijke schaal

Stuifzanden zijn ontstaan tijdens het pre-industriële tijdperk, in het bijzonder vanaf de Late Middeleeuwen, door te intensief gebruik van fragiele, voor verstuiving gevoelige bodems, in het bijzonder leemarme dekzandbodems (Koster 2010). Het gradiënttype stuifzandlandschap omvat de grootschalige stuifzandgebieden met een complex geomorfologisch patroon waarvan omvangrijke delen recent of vrij recent nog uit actief stuifzand bestonden.

Stuifzandlandschappen bestaan uit een mozaïek van standplaatsen en vegetaties, die verschillende stadia in de successie van open zand naar bos vertegenwoordigen en waarbinnen ook oude bossen kunnen voorkomen (zie Vegetatiegradiënten). Hier tegenover staan de kleinere stuifzanden en overstuivingen van lokale aard waar soms nog wel kaal zand maar al heel lang geen actief stuifzand meer aanwezig is. Deze lokale stuifzanden dragen belangrijk bij aan de abiotische variatie van de overige gradiënttypen.

Van het enorme areaal stuifzanden dat het Nederlandse zandlandschap kenmerkte voor de industriële revolutie, is slechts een klein areaal actief stuifzand overgebleven (Koster 2010). De wel als 'stuifzandcellen' aangeduide grotere stuifzandgebieden zijn intern gezoned met van (zuid)west naar (noord)oost achtereenvolgens (Koomen et al. 2004, Jungerius & Riksen 2010):

- kopjesduinen en uitgestoven laagtes;
- stuifvlaktes met wegeroderende kopjesduinen (open zandverstuiving) en resten van het vroegere dekzandrelief (forten, plateaurestduinen);
- een accumulatiezone met langgerekte ruggen en paraboolduinen.

Een actieve stuifzandcel breidt zich naar twee richtingen uit: naar het zuidwesten (tegen de wind in) door erosie en naar het noordoosten (met de wind mee) door accumulatie (overstuiving). Er moet wel verstuifbaar zand beschikbaar zijn en blijven in de erosiezone, wil de ontwikkeling door kunnen gaan. Komen grindhoudende zanden aan het oppervlak, dan vormt zich een zogenaamd keienvloertje en stopt de ontwikkeling bij gebrek aan verstuifbaar zand. De zone met kopjesduinen wordt in oudere stuifzandcellen kleiner; de stuifvlakte relatief steeds groter. Aan beide zijden van de stuifzandcel kan de uitbreiding zijn gestuit op min of meer gesloten bos, vaak rond de enken/essen van een dorp, soms ook bos langs een beek. Dit heeft geleid tot de vorming van vaak zeer hoge randwallen. Soms is nadien het oorspronkelijke bos achter de randwal verdwenen (of geheel omgevormd naar naaldbos) en fungeert de randwal als refugium voor oudbosplanten.

Voor een volledige ontwikkeling van het mozaïek binnen een stuifzandcel en de daarvoor karakteristieke fauna is voor de cel als geheel een omvang vereist van meerdere km² (typisch: 5–10 km²) waarbij voldoende actief stuifzand aanwezig moet zijn om het verstuivingproces langdurig in stand te houden en tevens ruimte is voor de diverse successiestadia en morfologische eenheden. Veelal hebben de huidige stuifzandgebieden een veel kleinere omvang met kleine arealen of zelfs zonder actief stuifzand en jongere successiestadia. Instandhouding van of ontwikkeling tot een volledig stuifzandlandschap door gebiedsgericht herstelbeheer is dan alleen mogelijk door grootschalige ingrepen (bijv. de Pollen, Hoge Veluwe). Dergelijke kleine arealen stuifzand beschouwen wij als inclusies in een ander gradiënttype, met een aan omvang en aard van het areaal te koppelen specifiek kleinschaliger beheer.

Bodem en waterhuishouding

Het dominante bodemtype is de duinvaaggrond, met daarnaast overstoven of geërodeerde podzolen. Met toenemende ouderdom ontwikkelt het humusprofiel zich sterk en ontstaat een zogenaamd micropodzol. In een later stadium kunnen verkleuringen in de minerale bodem optreden die duiden op initiële podzolvorming. Voor alle bodems geldt dat hun nutriëntenstatus en P-beschikbaarheid zeer laag is (zie Bijlage 2). De bodems kennen overwegend een diepe GHG (GWT VII) en zeer gering waterhoudend vermogen. Stagnatie kan optreden op plaatsen waar door uitstuiwing niet-verstuifbaar moedermateriaal (keileem, stuwwalmateriaal e.d.) bloot is komen te liggen aan het maaiveld, in opgestoven situaties (landduinen in uitgestoven laagtes) en op overstoven podzolen of compacte veenresten (forten en overstoven plateauresten). Lokaal kunnen zelfs hangwatervennen voorkomen.

Vegetatiegradiënt

De typische vegetatiegradiënt begint in het dorp en loopt via het stuifzand (voormalig dekzand) naar het niet-verstuivingsgevoelige deel van het landschap (stuwwal, grondmorene, beekdal). Achtereenvolgens kunnen hierbij worden onderscheiden (zie Figuur 1):

- randwal, vaak met bodemvorming (initiële podzol) in stuifzand, begroeid met Oude eikenbossen (H9190),
- uitgestoven laagte met landduinen (opgestoven) en plateaurestduinen (overgestoven dekzandprofielen; 'forten'), vaak geheel bebost met grove den (Lg13),
- stuifvlakte met actief stuifzand afkomstig van eroderende landduinen en plateaurestduinen, keienvloertjes (Zandverstuivingen, H2330) en soms overstoven veentjes
- accumulatiezone met overstoven bodems en langgerekte rug- en kamvormige landduinen, vaak geheel bebost met grove den (Lg13) of als ingestoven oud bos met randwal en dan meestal met Oude eikenbossen (H9190), of indien open met Stuifzandheide met Struikhei (H2310) of Binnenlandse kraaiheibegroeiingen (H2320).

In de stuifvlakte vindt successie plaats van kaal zand via een fase met Buntgras en Ruig haarmos naar een open grasfase (Fijn schapengras, Ruig schapengras) met een rijke korstmosflora (*Cladonia* s.s.). Bij bodemverstoring en in gebieden met hoge stikstofdepositie (>20–30 kg/ha/jr) komt Grijs kronkelsteeltje tot dominantie (Sparrius & Kooijman 2011). In de loop van de successie treedt vergrassing op met Zandstruisgras en vestigen zich grotere korstmossen (o.a. rendiermossen, *Cladonia* subgenus *Cladina*). Vervolgens ontwikkelt zich Stuifzandheide met Struikhei die bestaat uit een mozaïek van struikhei en grazige vegetatie incl. kaal zand en korstmossen. Het ruimtelijk patroon van dit mozaïek kan door begrazing minstens 60–80 jaar ongewijzigd blijven waardoor over korte afstand extreme verschillen in humusprofielontwikkeling en microklimaat ontstaan.

In de stuifzandbebouwingen met Grove den ontwikkelt zich na bebouwing een korstmosstadium (komt vrijwel niet meer voor in het droog zandlandschap) dat door successie overgaat in een fase met dominantie van Bochtige smele en vervolgens naar een dwergstruikfase (80–100 jaar na bebouwing; Bijlsma et al. 2005) met bosbessoorten en – op de Noord-Veluwe en in Drenthe – Kraaihei. Bij een relatief lage graasdruk (buiten de Veluwe) zullen zich in het dwergstruikstadium ook loofbomen en –struiken vestigen en loopt de successie snel door naar eikenberkenbos of beukenbos op stuifzand (Lg13). Plateaurestduinen fungeren vanwege hun gunstige vochthuishouding als vestigingskernen voor loofboomsoorten en uiteindelijk als uitvalsbases voor bossuccessie in de uitgestoven laagten.

Randwallen, ingestoven in de randen van ontginningen en oude bossen, zijn belangrijke maar miskende elementen van stuifzandlandschappen (Koster 1968, Bijlsma 2002). De vaak zeer hoge en steile wallen zijn een karakteristiek habitat voor Oude eikenbossen (H9190) en met name de noordhellingen fungeren als refugium voor oudbosplanten zoals Dalkruid, Zevenster en Groot gaffeltandmos.

Fauna

Voor de fauna van stuifzanden is de aanwezigheid van het complete mozaïek (V1) van opeenvolgende successiestadia van kaal zand naar haarmosvegetaties, korstmosvegetaties, stuifzandheide en bos – met de daarbij behorende variatie in zanddynamiek – zeer belangrijk. Solitaire bomen of boomgroepen (vaak op forten), staand en liggend dood hout en steilwandjes zijn daarnaast belangrijke elementen voor veel diersoorten (V2).

Een groot aantal soorten is vanwege het microklimaat (warmte en vochtigheid van bodem en vegetatie), de beschikbaarheid van voedsel en toegankelijkheid van de bodem, gebonden aan een beperkt deel van de overgang in successiestadia (F2). De Zandoorworm komt voor in de meest open delen van stuifzanden en verdwijnt al wanneer de haarmosvegetatie enigszins gesloten raakt. De soort graaft zich overdag in, maar maakt ook vaak gebruik van dode takken (V2) die op het zand liggen om onder te schuilen. Verschillende loopkeversoorten van het geslacht *Amara* en *Harpalus* komen voor in open Buntgrasvegetaties. De Sneeuwspringer is afhankelijk van haarmosvegetaties, waarbij de larven op de rhizomen van dit mos foerageren. De Lentevuurspin is een soort die meerdere jaren nodig heeft voor zijn ontwikkeling en daarom gebonden is aan stabiele plekken met voldoende warmte en voedselaanbod in grazige korstmosvegetaties en open stuifzandheide. Ook de samenstelling van de bodemfauna verschilt sterk tussen de afzonderlijke successiestadia. Hoewel de hoogste dichtheden worden aangetroffen in oudere successiestadia maakt de combinatie van verschillende successiestadia dat er veel meer soorten voor kunnen komen (Nijssen et al. 2011). Dit vergroot bovendien de diversiteit van het voedselaanbod voor insectivore vogelsoorten.

De meeste diersoorten die in stuifzandterreinen gebruik maken van verschillende habitats zijn vliegende soorten waarvan hun voedsel zich op een andere locatie bevindt dan hun voortplantingslocatie. De Kleine Heivlinder leeft als rups op smalbladige grassen (met name Buntgras) in gestabiliseerde stuifzandvegetaties, maar is als vlinder voor haar voedsel afhankelijk van bloeiende Struikheide in stuifzandheides. Daarnaast maakt de soort vaak gebruik van solitaire Grove dennen (V2) om te overnachten en te schuilen bij zeer warme omstandigheden.

Verschillende bijensoorten maken gebruik van open zand in de eerste successiestadia, maar zijn voor hun voedsel afhankelijk van bloeiende planten in latere successiestadia of van habitats in aangrenzende landschappen, zoals wilgenstruweel of bloemrijke wegbermen en graslanden. Een aantal kleinere bijensoorten (met een beperkte actieradius) is gebonden aan Kruiwilgstruweel dat in het stuifzandgebied zelf aanwezig is, maar de grotere zandbijen kunnen eenvoudig honderden meters vliegen tussen nest en foerageerlocatie en gebruiken meest wilgenstruwelen buiten het stuifzandgebied. De Ericabij is afhankelijk van droge zandige koppen (nestlocatie) in de directe omgeving van natte dopheidevegetaties (voedsel) en bomen met zachte bladeren zoals berken (nestbekleding). Stuifzandgebieden zijn daarnaast rijk aan wespsoorten, waarvan de meesten ook nestelen in open zandige plekken. Hun prooidieren vinden zij echter ook vaak in latere successiestadia of in andere landschappelijke elementen zoals solitaire bomen of boomgroepen, vooral wanneer hier ook loofbomen tussen staan (bijvoorbeeld eik, berk of sporkehout). Deze loofbomen zijn meestal rijker aan insectensoorten dan naaldbomen en

bevatten bovendien veel bladluizen die honingdauw uitscheiden dat dient als belangrijke energiebron voor wespen om actief te blijven. Loofbomen in losse groepjes of in bosranden worden overigens ook veelvuldig bezocht door broedvogels zoals Duinpieper, Tapuit en Boomleeuwerik, zeker wanneer er rupsen van wintervlinders of bladrollers aanwezig zijn (Van Turnhout 2005, Nijssen et al. 2011). Voor Draaihals zijn oude loofbomen (met name berken) in bosranden en halfopen bos op stuifzand juist van belang als nestgelegenheid, terwijl deze soort foerageert op mieren van schrale stuifzandvegetaties en open bossen.

Er is nog niet veel bekend over hoe de schaal waarop mozaïekstructuren van habitats voorkomen invloed heeft op de fauna van stuifzanden. Juist omdat voor de meeste diersoorten die van meerdere habitats gebruik maken het voorkomen van de verschillende successiestadia in voldoende oppervlak waarschijnlijk belangrijker is dan de manier waarop deze in het landschap zijn gerangschikt. Wel lijken de geleidelijke overgangen van zandige dynamische plekken naar de eerste successiestadia een hoge beschikbaarheid van voedsel op te leveren voor broedvogels als Tapuit en Duinpieper (F3). Het grofkorreliger (V1b) worden van de mozaïekstructuur en het verharden van de overgangen (V5 → V4) tussen open zand en begroeide vegetatie (met name wanneer winddynamiek nagenoeg ontbreekt en alleen recreatie het zand open houdt) leidt tot een kleiner oppervlak van deze geleidelijke overgangen en dus van optimale foerageerhabitat, wat wellicht een van de redenen is voor het verdwijnen van Duinpieper en Tapuit.

Overgangen in geomorfologische dynamiek creëren niet alleen verschillen in successiestadia, maar leveren ook verschillende typen nestgelegenheid voor bijen en wespensoorten (F2).

Spieswespen en de Witbaardzandbij nestelen in loszandige bodem, terwijl de meeste andere soorten juist een gestabiliseerde bodem nodig hebben. Enkele soorten nestelen enkel in steilrandjes (V2) die slechts enkele decimeters hoog hoeven te zijn om als nestplek te fungeren. Ook dood hout is een belangrijke aanvulling voor nestgelegenheid (V2).

Sturende processen

Kenmerkend voor stuifzandbodems zijn de snelle veranderingen in zuurgraad, nutriëntenvoorraden en -beschikbaarheden, strooiselaccumulatie en horizontdifferentiatie (initiële podzolvorming) met voortgaande successie (Sparrius 2011). Op het niveau van de Nederlandse bodemclassificatie leidt dit niet tot serieuze differentiatie in bodemtype (duinvaaggronden), echter de ontwikkeling in het humusprofiel is aanzienlijk en zeer indicatief voor het successiestadium. Deze successie gaat gepaard met een voor de korte vegetatie en de ondergroei van de stuifzandbebossing belangrijke verschuiving in de verhouding tussen de verschillende nutriënten (vooral N, P en K) en toename van het vochthoudend vermogen (Emmer 1995, Kooijman et al. 2010).

De snelheid en richting van de successie hangt samen met het fysiotoop (plateaurestduin: snel; uitgestoven laagte: langzaam), moedermateriaal (arm stuifzand versus rijker stuifzand of blootgelegd lemig moedermateriaal) en microklimaat (noord- en zuidhellingen) en komt vooral tot uiting in de kruid- en moslaag (Sevink & De Waal 2010, Prach et al. 2010, Sparrius 2011). Bepalend daarbij is de geringe zuurbuffercapaciteit van stuifzand en de eveneens geringe minerale reserves, waardoor deze bodems zeer gevoelig zijn voor externe invloeden (atmosferische depositie!). De successiesnelheid wordt binnen een stuifzandgebied verder bepaald door verschillen in aard (bijv. verstuiving vanuit akkers) en frequentie (bijv. korte of lange overstuivingsfase) van overstuivingen, hetgeen heeft geleid tot verschillende uitgangssituaties in humusgehalte en humusvorm (Sevink & De Waal 2010 Fig. 7.12).

Stuifzandsystemen kunnen gezien worden als het resultaat van in de tijd en ruimte complexe interacties tussen de sturende processen 'successie' en 'winderosie/zanddepositie'. Winderosie of -depositie leiden tot terugzetten van de successie en daarmee tot een mozaïek van bodems en vegetaties in verschillende stadia van successie. Versnelde vastlegging onder invloed van atmosferische depositie betekent versnelling van de successie en verdwijnen van vroege stadia. Subtiële verschillen in initiële nutriëntgehalten (vooral P) en atmosferische depositie komen daarbij duidelijk tot uiting in de vegetatieontwikkeling. In hoeverre hierbij sprake is van meer regionale verschillen in mineralogie van de zandbronnen (vooral dekzand), dan wel lokale differentiatie, is niet duidelijk (zie Bijlage 2; [Sparrius 2011](#)).

Begrazing is het belangrijkste proces bij de ontwikkeling van het karakteristieke patroon van heidefasen en open fasen, en van structuurvariatie in stuifzandheide ([Nijssen et al. 2011](#) paragraaf 4.2.5–4.2.7) en ook bij het vertragen van de successie van stuifzandbebossingen naar loofbos ([Bijlsma et al. 2005](#), [Bijlsma 2010](#)). In al deze gevallen leidt begrazing tot langere openheid van specifieke terreindelen en daarmee tot grotere extremen in microklimaat (zowel relatief koel als warm). Begrazing in stuifzandgebieden met uitgestoven laagten met rijker (lemiger) moedermateriaal zoals keileem leidt tot verdere ontwikkeling van heischrale vegetaties (H6230; [Van der Bilt & Nijland 1993](#)).

Knelpunten

- Het actief houden of reactiveren van stuifzandcellen (procesbeheer) is een kostbare en technisch lastige aangelegenheid die planvorming vereist op landschapsschaal (o.a. het realiseren van een onbelemmerde windwerking) en inzicht in het (potentiële) functioneren van het bewuste gebied (o.a. hoeveelheid verstuifbaar zand).
- In de stuifzandcellen waar gekozen wordt voor patroonbeheer is successie van de gehele gradiënt naar gesloten bos een knelpunt, zeker in gebieden met een lage graasdruk en hoge stikstofdepositie. Het behoud van openheid en de ontwikkeling van de diversiteit van habitats als gevolg van reliëf, fysiotoop (uitgestoven laagte, landduin, plateaurestduin) en zone binnen de stuifzandcel vereist een visie op het beheer van de gehele gradiënt, met name de mate van patroon- ten opzichte van procesbeheer.
- Recreatie kan zowel voor geomorfologische processen als voor diersoorten (met name grondbroedende vogelsoorten) sterk verstorend werken. Het faseren van recreatie in de ruimte is vaak nuttig voor het creëren van luwe delen in het terrein. Om de geomorfologische processen niet te verstoren kan recreatie het beste gestimuleerd worden in de zuidwest hoek van een terrein, aangezien daar van nature erosie optreedt. In de noordwestelijke delen is recreatie schadelijker, aangezien daar van nature juist de accumulatieprocessen optreden van waaruit nieuwe duinstructuren ontstaan.

Maatregelen

- Voor overwegingen bij de keuze ten gunste van procesbeheer en bij de wijze van uitvoering: zie [Nijssen et al. \(2011\)](#), met name hoofdstuk 8 (Beheer van stuifzanden) waar wordt ingegaan op de omvorming van bos op stuifzand naar kaal, stuivend zand; het activeren van verstuiving op plekken waar Buntgras zich vestigt; kleinschalig cyclisch beheer versus grootschalig afplaggen.
- Maatregelen als onderdeel van patroonbeheer kunnen zich richten op verschillende onderdelen van de gradiënt in de stuifzandcel:

- De eerste keuze ten aanzien van patroonbeheer betreft maatregelen die tenminste een deel van de stuifvlakte permanent openhouden (verwijderen van opslag), waar mogelijk met een aandeel habitatype Zandverstuivingen (zie [Nijssen et al. 2011](#) paragraaf 8.3.1). Tegelijkertijd kan de oppervlakte stuifzandheide worden uitgebreid door zowel in de zone met kopjesduinen als in de accumulatiezone naaldbos te kappen zonder de bodemvegetatie en het humusprofiel af te voeren. Hierdoor nemen zowel windwerking als graasdruk toe en zal zich uit de Bochtige smele-vegetatie van het jonge stuifzandbos een reliëfrijke stuifzandheide ontwikkelen (vergelijk [Bokdam 2001](#): koeien; [Van der Bilt & Nijland 1993](#): schapen). In de vlakke delen van de stuifzandvlakte kan door kleinschalige plaggen cyclisch beheer van habitatype Zandverstuivingen plaatsvinden. Zo wordt de diversiteit in reliëf en moedermateriaal optimaal benut: op de noordhellingen van de landduinen kan zich levermosrijke heide ontwikkelen; in de uitgestoven laagtes vormen van stuifzandheide met Dophei en Trekrus als gevolg van stagnerend regenwater. Het verwijderen van opslag blijft nodig. Echter, hoe minder wordt geplagd, hoe minder minerale bodem beschikbaar komt voor ongewenste vestiging van Grove den.
- Om de kwaliteit van Oude eikenbossen op randwallen te behouden is het noodzakelijk Amerikaanse vogelkers te bestrijden en Beuk terug te dringen. Randwallen zijn ingestoven in oud bos op rijkere bodem dan waarop habitatype H9190 zelf voorkomt. In de noordhellingen van randwallen komen – ook dankzij de geringe strooiselaccumulatie – vaak bosplanten voor van oude bosgroeiplaatsen. In deze situatie is bestrijding van vogelkers en terugdringing van Beuk ook nodig om de bosplanten te behouden als bron voor (her)kolonisatie van het jonge bos. Kansen om vanuit randwallen de oppervlakte Oude eikenbossen te vergroten door natuurlijke verjonging doen zich voor bij een hoge graasdruk of waar randwallen of forten met oude eiken grenzen aan stuifzand(heide). Uitbreiding in stuifzandbossen is vanwege de grote lichtbehoefte van eik afhankelijk van een hoge graasdruk of van ingrepen die de successie naar gemengd loofbos voorkómen of vertragen.
- Maatregelen in de stuifzandbebossingen zelf (Lg13) kunnen zich richten op verbetering van de structuur (meer dikke bomen, meer dood hout e.d.) of juist op een open bos met nieuwe generaties grove den. Het eerste is praktisch in een landschappelijke context waarin Beuk al een grote rol speelt of de graasdruk laag is. Deze maatregel vraagt om het reserveren van terreindelen waar het bos een natuurlijke ontwikkeling kan doormaken. Vanwege de verwachte toename van Beuk is een goede zonering ten opzichte van Oude eikenbossen vereist. De tweede optie doet zich voor wanneer Beuk geen grote rol speelt of (alleen op de Veluwe) bij een relatief hoge graasdruk van browsers ([Bijlsma et al. 2005](#)). Het beoogde open stuifzandbos met een ondergroei van dwergstruiken, met Dophei in de uitgestoven laagten, zal dan aansluiten op de Stuifzandheide, of (in de vorm van Kraaihei-Dennenbos) op Binnenlandse kraaiheibegroeiingen in de randen van de centraal in de stuifzandcel gelegen stuifvlakte. Bij deze laatste optie kan ook rekening worden gehouden met het beheer en de ontwikkeling van de voor dit gradiënttype karakteristieke stuifzandveentjes in de noordhellingen van stuifheuvels ([Bijlsma et al. 2011](#)).

Aandachtspunten

- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen in stuifzanden is het van belang om te streven naar een volledige gradiënt van successiestadia in een gebied. Om mogelijke bronpopulaties van zich moeilijk verspreidende soorten (dieren en korstmossen) te bewaren is het ook tijdens de herstelwerkzaamheden van belang om de aanwezige successiestadia deels te behouden.

Hiervoor is een fasering in de tijd en ruimte noodzakelijk. Daarnaast moeten de terreindelen die gespaard worden groot genoeg zijn ten opzichte van het gereactiveerde deel om niet binnen enkele jaren geheel overstoven te raken en zodoende de bronfunctie alsnog te verliezen.

- Bij het herstellen van dynamische processen lijken grootschalige maatregelen vaak duurzamer te zijn. Ook bij grootschalige maatregelen moeten echter de duinkoppen begroeid blijven, zodat de duinen niet afvlakken maar juist nieuwe duinvormen kunnen ontstaan. Door jaarlijks (of om de paar jaar) een klein deel van het doelgebied vrij te maken van vegetatie is er geen kans dat het verstuifbare zand met een paar grote stormen vast komt te liggen in een randwal of aangrenzend bos en is er een grotere kans op het ontstaan van een mozaïek van verschillende successiestadia.

Voorbeelden

De grotere stuifzandgebieden met actief (open) zand liggen in de west- en noordflank van de Veluwe, in Drenthe (Aekingerzand), het Gooi (Soesterduinen), Midden-Brabant (Loonse en Drunense Duinen, Oirschotse heide) en Oost-Brabant/Midden-Limburg (Weerter- en Budelerbergen) (zie Bijlage 1 en [Nijssen et al. 2011](#) Tabel 2.2).

- *Voorbeelden van herstelmaatregelen*: Voorbeelden van grootschalig stuifzandherstel: Hulshorsterzand; Kootwijkerzand; Hoge Veluwe/De Pollen ([Bouwman 2011](#)); Loonse en Drunense Duinen; Wekeromse Zand ([Nijssen et al. 2007](#))
- Voorbeelden van kleinschalig plaggen: Otterlosche Zand ([Sparrius & Van der Vegte 2009](#)); Soest/Lange en Korte Duinen ([Van Os 2011](#))

Literatuur

- Bijlsma, R.J. 2002. Bosrelicten op de Veluwe. Een historisch-ecologische beschrijving. Alterra-rapport 647, Wageningen.
- Bijlsma, R.J. 2010. Bryophyte hot-spots in drift sand forests. In J. Fanta & H. Siepel (eds.), *Inland drift sand landscapes*. KNNV Publishing; 218–233.
- Bijlsma, R.J., A.P.P.M. Clercx & R.W. de Waal 2005. Diversiteit uit zand. De ontwikkeling van bosstructuur, vegetatie, bodem en humusvorm in bosreservaten op stuifzand. Alterra-rapport 1223, Wageningen.
- Bijlsma, R.J., H.N. Leys & I.S. Zonneveld 2011. Vijftig jaar groeiend veen op het Kootwijkse stuifzand. *De Levende Natuur* 112: 18–21.
- Bokdam, J. 2001. Effects of browsing and grazing on cyclic succession in nutrient-limited ecosystems. *J. Vegetation Science* 12: 875–886.
- Bouwman, J.H. 2011. Droog zandlandschap: het Nationaal Park de Hoge Veluwe, zandverstuiving de Pollen. In: Kamphuis, M.I., A.J.M. Jansen & J. Bouwman; *Natuurherstel 20 jaar effectgerichte maatregelen*, p.53–66. Stichting Uitgeverij KNNV & Unie van Bosgroepen, Zeist.
- Emmer, I.M. 1995. Humus form and soil development during a primary succession of monoculture *Pinus sylvestris* forests on poor sandy substrates. PhD Thesis University of Amsterdam.
- Jungerius, P.D. & M.J.P.M. Riksen 2010. Contribution of laser altimetry to the geomorphology of the Late Holocene inland drift sands of the European sand belt. *Baltica* 23(1): 59–70.
- Kooijman, A.M., L.B. Sparrius & J. Sevink 2010. Nutrient cycling. In: J. Fanta & H. Siepel (eds.), *Inland drift sand landscapes*. KNNV Publishing, Zeist; Chapter 8.

- Koomen, A., G. Maas & P.D. Jungerius 2004. Het stuifzandlandschap als natuurverschijnsel. *Landschap* 2004(3): 159–169.
- Koster, E.A. 1968. De invloed van marknbossen op de vorming van zeer hoge stuifzandruggen ('randwallen') op de Veluwe. *Boor en Spade* 16: 66–73.
- Koster, E.A. 2010. Origin and development of Late Holocene drift sands: geomorphology and sediment attributes. In J. Fanta & H. Siepel (eds.), *Inland drift sand landscapes*. KNNV Publishing, Zeist; Chapter 2.
- Nijssen, M., M.J.P.M. Riksen, L. Sparrius, R.J. Bijlsma, A. van der Burg, H.F. van Dobben, P.D. Jungerius, R. Ketner–Oostra, A. Kooiman, L. Kuiters, C. van Swaay, C. van Turnhout, & R. de Waal 2011. Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van stuifzanden. Ministerie van EL&I, directie IFZ. Rapport 2011/OBN144–DZ, Den Haag.
- Nijssen, M., J.A.M. van den Ancker, P.D. Jungerius, R. Ketner–Oostra, T. Peeters & H. Esselink 2007. Effecten van verstuivingsmaatregelen op het Wekeromse Zand. Geomorfologie, vegetatie en fauna 10 jaar na EGM. Stichting Het Geldersch Landschap, Arnhem.
- Prach, K., K. Ujházy & J. Fanta 2010. Vegetation succession in the Hulshorst drift–sand area, central Netherlands. In: J. Fanta & H. Siepel (eds.), *Inland drift sand landscapes*. KNNV Publishing, Zeist; Chapter 11.
- Sevink, J. & R.W. de Waal 2010. Soil and humus development in drift sands. In: J. Fanta & H. Siepel (eds.), *Inland drift sand landscapes*. KNNV Publishing, Zeist; Chapter 7.
- Sparrius, L.B. 2011. *Inland dunes in The Netherlands: soil, vegetation, nitrogen deposition and invasive species*. PhD Thesis University of Amsterdam.
- Sparrius, L.B. & A.M. Kooijman 2011. Invasiveness of *Campylopus introflexus* in drift sands depends on nitrogen deposition and soil organic matter. *Appl.Veg.Sc.* 14: 221–229.
- Sparrius, L.B. & R. van de Vegte 2009. Werk in uitvoering; Plaggen op het Otterlosche Zand. *De Levende Natuur* 110 (3): 134.
- Van der Bilt, E.W.G. & G. Nijland 1993. Tien jaar extensieve begrazing met heideschapen in het Drouwenerzand. *De Levende Natuur* 94: 164–169.
- Van Os, M. 2011. De Lange en Korte Duinen bij Soest. In: Kamphuis, M.I., A.J.M. Jansen & J. Bouwman; *Natuurherstel 20 jaar effectgerichte maatregelen*, p. 67–72. Stichting Uitgeverij KNNV & Unie van Bosgroepen, Zeist.
- Van Turnhout, C. 2005. Het verdwijnen van de Duinpieper als broedvogel uit Nederland en Noordwest Europa. *Limosa*, 78, 1–14.

Gradiënttype 2: Grondmorene- en terrassenlandschap

Beknopte beschrijving

Geomorfologie en ruimtelijke schaal

Dit landschap heeft een zeer gevarieerde geologie en geomorfologie, met een breed scala van oudere (pre-Weichsel) geologische formaties variërend van keileem en potklei in noordelijk en oostelijk Nederland (grondmorenelandschap), tot Midden- en Vroeg-Pleistocene lemige tot kleiige rivierafzettingen, of zelfs Tertiaire afzettingen vooral in zuidelijk Nederland (terrassenlandschap).

Het grondmorenelandschap bestaat uit keileemplateaus en dekzanden met een door ondiepe keileem en keizand zeer heterogene ondergrond. Dit type komt voor in Drenthe, de Drents-Friese hogere zandgronden en in Twente. Het terrassenlandschap komt in verschillende regio's voor. In het stroomgebied van de Maas gaat het om door Rijn en Maas afgezette pakketten waarin de rivieren zich na opeenvolgende ijstijden insneden als gevolg van bodemstijging en zeespiegeldaling met terrasvorming als gevolg (Renes 1999, Koomen et al. 2006, Van den Munckhof 2011). Het West-Brabants Plateau behoort voor het grootste deel tot het dekzandlandschap maar het is minder gedaald dan Midden-Brabant (Roerdalslenk) waardoor plaatselijk oudere rivierafzettingen aan het oppervlak liggen (Koomen et al. 2006). Het Oost-Nederlands Plateau in Achterhoek en Twente heeft vorm gekregen door een combinatie van bodemstijging en 'overrijding' door het landijs (Van Beek 2009). Ook landschappen op oude (Pleistocene) rivierklei rekenen we tot dit gradiënttype, in deze vorm vooral in de Liemers en het Oude IJsselgebied en in de westrand van het Rijk van Nijmegen (Wijchen, Malden).

Het gradiënttype heeft vaak een glooiend reliëf door een discontinue laag dekzand en kan reliëfrijk zijn door rivierduinen en duinvorming in lokale stuifzanden. Het onregelmatige pre-dekzand reliëf van het grondmorenelandschap resulteert in een op korte afstand wisselende drainage. In het terrassenlandschap van zuidelijke Nederland is het oppervlak van de slecht doorlatende oude afzettingen regelmatig (geen glaciaal oppervlak) en vertoont daarmee duidelijker aan het reliëf gekoppelde patronen in drainage. Lemige tot kleiige banken komen op hellingen aan of nabij het oppervlak en leiden daar tot uitredend water of drasse zones. Ook laagten in terrassen kunnen sterk wisselvochtig zijn.

De schaal van het gradiënttype varieert van vrij geïsoleerde kleine landschappen, zoals de Maasterrassen in Midden- en Zuid-Limburg, tot grootschalige grondmorenelandschappen in Noordoost-Twente en Zuidwest-Drenthe. Dekzand en stuifzand komt vaak als kleinere eenheden binnen dit landschap voor maar worden als inclusie gezien (zie gradiënttype Stuifzandlandschappen). Dit geldt ook voor de duincomplexen die tijdens de vorming van het jongste, Holocene rivierterras van de Maas en haar zijrivieren ontstonden door verstuiving van zand uit de dalen.

Voor het ruimtelijke onderscheiden van dit landschap als afzonderlijke eenheid is geen duidelijke ondergrens aan te geven. Lokale opduikingen van keileem of terrasmateriaal zullen, wanneer vallend binnen andersoortige landschappen met vergelijkbare kenmerken (bijvoorbeeld dekzandlandschap met lokale keileem- of terrasopduiking), geen aanleiding geven tot een specifieke herstelstrategie op landschapniveau. Echter, wanneer leidend tot zeer afwijkende bodems en vegetaties binnen duidelijk andersoortige landschappen (bijv. Pliocene witte zanden van de Brunssummerheide), zal ook bij een klein areaal behoefte bestaan aan het definiëren van specifieke herstelstrategieën op landschapsschaal.

Bodem en waterhuishouding

De opbouw van dit landschap resulteert in complexe, fijnschalige bodempatronen, met bodems die uiteenlopen van vorstvaaggronden, oude kleigronden en brikgronden tot uitgesproken humuspodzolgronden, en daaraan gekoppelde verschillen in nutriëntenstatus en P-beschikbaarheid. De drainage varieert van bodems met een diepe GHG tot sterk wisselvochtige gronden bij stagnatie op ondiepe slechtdoorlatende afzettingen. Dergelijke wisselvochtigheid (hoge GHG's in combinatie met diepe GLG's) is een specifiek kenmerk van bodems met een zandige bovengrond op een lemige tot kleiige ondergrond, zoals keileem en terrasafzettingen. In vele gevallen is bij wisselvochtige terreinen de ontwatering versneld door intensieve begreppeling en drainage. Daarnaast komen met het reliëf samenhangende verschillen in drainage voor, zoals in de dalen van de keileemplateaus en de oudere Maas- en Rijnterrassen.

De variatie in textuur en mineralogie van de formaties die binnen dit landschap dagzomen of op beperkte diepte voorkomen is aanzienlijk (zie Bijlage 2) en dit geldt ook voor de mate van bodemontwikkeling, die samenhangt met verschillen in ouderdom (zoals bij terrassen). Kenmerkend is dat die variatie kleinschalig is. De textuur varieert van sterk lemig (keileem en vroeg- tot pre-Kwartaire afzettingen) tot grofzandig en grindrijk (keizanden en terrasafzettingen), met overwegend zandige en grindhoudende bovengronden op zeer uiteenlopende ondergrond.

Grondmorene en daaraan verwante afzettingen zijn weliswaar mineralogisch veel rijker dan dekzanden, maar de zeer slechte doorlatendheid leidt tot een sterke afwisseling van reductieve en oxidatieve omstandigheden met afvoer van ijzer, waardoor in de veelal zandige bovengrond (meestal dekzand of stuifzand) toch een aanzienlijke verzuring en podzolering is opgetreden¹, nog versterkt in geval van latere verdroging. In grondmorene komen van oorsprong meer of minder hydromorfe podzolen voor met humeuze tot venige bovengrond, waarvan de drainage meestal via intensieve begreppeling (rabattering) sterk is toegenomen. Depressies of laagten met veengronden zijn veelal ontveend en gedraineerd. Dominante bodems zijn hier laar- en veldpodzolen. Op van oorsprong beter gedraineerde delen met dek- en stuifzand komen droge humus- en moderpodzolgronden en duinvaaggronden voor.

Een bijzondere variant binnen het terrassenlandschap komt voor in het Laat-Tertiair van Zuid-Limburg, waar op de Brunssumerheide zeer arme, vrijwel geheel uit pure kwarts bestaande zanden en grinden dagzomen (deels ingebracht!), met op de hellingen inschakelingen van kleilagen, waarop water uittreedt. Lokaal treedt hier verstuing op, met een uiterst trage successie vanwege de extreme mineralogische armoede. Deze heeft eveneens geleid tot de vorming van 'reuzenpodzolen' (Van den Broek 1962), die tot de armste bodems van Nederland worden gerekend. De grote abiotische heterogeniteit in moedermateriaal, waterhuishouding en microklimaat in dit gebied gaat gepaard met een hoge diversiteit aan soortgroepen en soorten (themanummer Brunssumerheide, Natuurhistorisch Maandblad 98-12, 2009).

Vegetatiegradiënt

De ontginning van grote delen van het grondmorene- en terrassenlandschap is altijd lastig geweest vanwege de zware of sterk wisselvochtige bodems. Hierdoor zijn zowel oude bossen als (overwegend natte) heideterreinen bewaard gebleven en is het cultuurlandschap vaak nog

¹ Wisselvochtigheid, mits gepaard met afvoer tijdens natte perioden, leidt tot versterkte verzuring. Oorzaak is dat gereduceerd ijzer wordt afgevoerd, waarmee een flink stuk buffering verdwijnt. Reductie leidt bij een eerder oxidatief milieu weliswaar tot ontzuring, maar dat is eenmalig. Afwisseling van reductie/oxidatie, kenmerkend voor wisselvochtige gronden, leidt dus juist tot verzuring. Echter ook afvoer van ijzer en Mn, met aanzienlijke gevolgen voor de P-huishouding.

betrekkelijk kleinschalig wat een goede uitgangssituatie is voor het herstel van gradiënten (zie Figuur 2).

De vele als holten bekendstaande oude, opgaande bossen in Drenthe liggen grotendeels op goed gedraineerde keileemgronden in de nabijheid van nederzettingen (Spek 2004, Smeenge 2006). Het gaat hierbij vooral om rijke varianten van Beuken–Eikenbos (*Fago–Quercetum convallariosum*) en om Gierstgras–Beukenbos (*Milio–Fagetum*; *Stellario–Carpinetum oxalidetosum* p.p.) met een boomlaag van voornamelijk Zomereik. Mooie voorbeelden zijn het Norgerholt, Mantingerbos en Amerbos. Deze bostypen zijn onderdeel van H9120 (Beuken–eikenbossen met hulst). Karakteristieke soorten ten opzichte van H9120 in het stuwwallandschap zijn Gierstgras, Grote muur, Witte klaverzuring en enkele braamsorten die al door Beijerinck & Ter Pelkwijk (1952) als zodanig zijn herkend, zoals Witte grondbraam, Sierlijke woudbraam en Egelschuilbraam). Voormalige hakhoutbossen of voorheen sterker begraasde bossen, vaak grenzend aan heideterreinen en deels ontstaan uit opslag van eik in heide, worden wel aangeduid als strubben (Smeenge 2006), maar moeten op grond van kenmerken van bodem en vegetatie meestal ook tot H9120 worden gerekend. Hier speelt Blauwe bosbes vaak een grote rol en ook Hengel komt meer voor. Waar deze bossen liggen in of grenzen aan betrekkelijk kleinschalig cultuurlandschap komen in bermen goed ontwikkelde zoomvegetaties voor van H9120 (*Hyperico pulchri–Melampyretum pratensis*, *Hieracio–Holcetum mollis*). Deze vegetaties worden door vermessing van het landelijk gebied sterk bedreigd. Ook op grondmorene in Twente en rond Winterswijk (het Woold) doet deze gunstige situatie van oude bossen en schrale bermen zich nog voor. Schrale, grazige bermen met Zomereik zijn een refugium voor tal van (ernstig) bedreigde mycorrhizavormende paddenstoelen die vroeger ook voorkwamen in voormalige hakhoutbossen, zoals diverse soorten stekelzwam, boleet, russula en gordijnzwam (Keizer 2003). Deze ‘ontkoppelde’ componenten van H9120 vragen om een herstel- en beheerstrategie op landschapsschaal.

In het terrassenlandschap komen veel minder oude loofbossen voor en waar dit wel het geval is, zoals in de Meinweg, gaat het om voormalige hakhoutbossen met Wintereik. Op het West-Brabants Plateau zijn oude loofbossen meer geassocieerd met beekdalen in het dekzandlandschap dan met het droge terrassenlandschap (bijv. Ulvenhoutse bos, Liesbos). De voormalige woeste gronden op grondmorene en terrassen buiten de goed gedraineerde terreindelen zijn sterk wisselvochtig of permanent nat en dan ook weinig. De hogere, droge delen met dekzand zijn vaak verstoven en bebost met Grove den. Oude eikenbossen (H9190) komen hier veel minder voor in het heide- en stuifzandlandschap dan op de Veluwe en dan vooral daar waar stuifzanden en leemarme podzolgronden grenzen aan strubbenbossen van H9120 (Drents–Friese Wold, Drentsche Aa-gebied).

De stuifzandbebouwingen (Lg 13) van het grondmorenelandschap wijken af van die van het stuwwallandschap (met name de Veluwe) door de snellere successie naar loofbos vanwege de lage natuurlijke graasdruk en het dankzij stagnatie (en nalevering vanuit de stuifheuveld?) veelvuldiger voorkomen van veenmosdominantie in noordhellingen, greppels en uitgestoven laagten. Ook de stuifzandgebieden en rivierduinen van het terrassenlandschap maken een snelle successie naar loofbos door; uit deze terreinen is geen lokale veenmosdominantie bekend, waarschijnlijk mede door de geringe neerslag.

Heideterreinen op grondmorene en terrassen hebben door de kleinschalige afwisseling van enerzijds droge ruggen en kopjes en anderzijds vochtige tot uitgesproken natte laagtes een geheel eigen karakter waarbij de kopjes niet zelden zijn verstoven waardoor mozaïeken optreden van H2310 (Stuifzandheide met struikhei), H4030 (Droge heide), H4010 (Vochtige heide), H7150 (Pioniervegetaties met snavelbiezen) en H3160 (Zure vennen) (zie ook Nat Zandlandschap). Door

plaggen kan dit mozaïek onherstelbaar worden aangetast waarbij een grootschaliger vochtige heide ontstaat. Ook in de hoge terreindelen met voornamelijk Droge heide komen in dit gradiënttype veel 'vochtige soorten' voor (meer dan in oude droge heide in het stuwwallandschap) wanneer het humusprofiel zich ongestoord heeft kunnen ontwikkelen. Dopheide en verspreide hoge kussens Kussentjesmos, pollen Veenbies en Veendubbeltjesmos zijn hiervoor karakteristiek (zie ook gradiënttype 3). Veenmossen vragen om een meer betrouwbare vochtvoorziening en ontbreken geheel in deze 'vochtige Droge heide'. Een tweede tussenvorm van Droge en Vochtige heide is het 'halfven' waarin een dunne stagnerende laag ontstaat uit oppervlakkig afspoelende humus (Dekker et al. 1997). Deze sterk wisselvochtige laagtes kunnen geheel begroeid zijn met snavelbiezen, ook temidden van Droge heide of Stuifzandheide, en vormen dan een natuurlijk H7150. Zowel oude Droge heide als halfvennen lopen het risico door plaggen of chopperen langdurig te worden teruggezet naar soortenarme droge heide.

Op terrasvlaktes met oude rivierklei, zoals in het Oude IJssel-gebied en juist ten westen van Nijmegen, liggen geen Natura 2000-gebieden, maar wel landelijk gezien belangrijke concentraties van Eiken-haagbeukenbossen (H9160A). Helaas zijn de meeste van deze bossen gerabatteerd. Het Heksenbos van de Willinks Weust (geërodeerde grondmorene) is een vergelijkbaar H9160A maar dan ongerabatteerd. Hier, maar bij voorbeeld ook in de Bijvank bij Beek (bij 's Heerenberg) en in het Anholtse Broek in de zuidelijke Achterhoek, is nog een ruimtelijk patroon zichtbaar met gradiënten als gevolg van subtiele hoogteverschillen: van hoog gelegen koppen met Adelaarsvaren en Dalkruid, via typische Eiken-haagbeukenbosflora met Bosanemoon naar stagnerende plekken met Moerasspirea, Gele lis en andere met broekbossen geassocieerde soorten (zie ook De Waal & Bijlsma 2003). Maar in gerabatteerde en verdroogde situaties, zoals het Heekenbroek bij Hoog-Keppel, is de oorspronkelijke gradiëntstructuur nog steeds zichtbaar.

In en rond oude bossen op lemige bodems of oude klei kwamen vroeger soortenrijke Heischrale graslanden (H6230) voor met soorten die tegenwoordig als zoomplanten worden beschouwd (Rackham 2003). Oude excursieverslagen zoals uit de omgeving van Havelte (Waterbolk 1948) geven een goede indruk van de vroegere rijkdom. Door omvorming binnen en natuurontwikkeling rond dit type bossen kan het leefgebied van soorten van open ruimtes in bossen, zomen en heischrale vegetaties weer worden vergroot dankzij herstel uit langlevende zaadbanken (bij voorbeeld zo in het Heekenbroek, met onder andere Bleke zegge, Fraai hertshooi en Struikhei). Het heischrale grasland van de Willinks Weust kan hierbij als referentie dienen.

Fauna

Het Grondmorene- en Terrassenlandschap kent een grote variatie in geologie, geomorfologie, terreinreliëf en menselijke invloeden. Het landschap kent hierdoor een rijke diergemeenschap die sterke overlap vertoont met die van de andere gradiënttypen, met name het Stuwallandschap (gradiënttype 3) en het Dekzandlandschap (gradiënttype 4), en in mindere mate het Stuifzandlandschap (gradiënttype 1). De belangrijkste mozaïekstructuren van habitats voor de fauna betreffen combinaties van oude bossen met droge heide of stuifzandheide. In sommige terreinen komt daar nog een overgang met heischraal grasland bij. Deze mozaïekstructuren zijn soms grofkorrelig (V1b), maar vaker fijnkorrelig (V1a). Op macro- tot megaschaal zijn ook overgangen naar andere landschappen van belang, zoals beekdalen en nat zandlandschap, met name natte heideterreinen. In terreinen met een kleinschalig reliëf (met name terrassen) vormen

droog en nat zandlandschap een fijnkorrelige mozaïekstructuur (V1a) (zie ook beschrijving van vegetatiegradiënt).

Voorbeelden van soorten die gebonden zijn aan open droge heideterreinen (op dekzand- en stuifzandenbodems) zijn Blauwvleugelsprinkhaan, Wrattenbijter en Zadelsprinkhaan. Deze soorten leggen hun eieren in open zandige bodem. De Blauwvleugelsprinkhaan is echter voor zijn voedsel gebonden aan kruidachtige planten die binnen de droge heide voorhanden moeten zijn (interne heterogeniteit V6) (Reemer & Krekels 2008). De Zadelsprinkhaan is afhankelijk van struweelopslag of mantelvegetaties aan randen van heideterreinen (F1), waarbij de struiken gebruikt worden als foerageerterrein, schuilplaats en opwarmplek. Deze soort leeft op een geleidelijke overgang in het landschap (V5) die door bosopslag en verruiging opschuift (en uiteindelijk verdwijnt) wanneer natuurlijke dynamiek (begrazing, stormschade) of menselijke verstoring (natuurbeheer) achterwege blijft. Ook bij te grote verstoring verdwijnt de soort doordat het habitat te open wordt. Ook Kommavlinder en Heivlinder zijn gebonden aan droge heideterreinen, waarbij de laatste soort ook solitaire bomen en bosranden gebruikt om te overnachten, en voor thermoregulatie. De Zandhagedis bewoont droge heideterreinen met een grote interne heterogeniteit (V6), waarin zowel open als gesloten vegetatie voorkomt (opwarmen, foerageren en schuilen), en open zand voor de eiafzet.

Enkele diersoorten van het Grondmorene- en terrassenlandschap zijn juist gebonden aan bossen. Het Vliegend hert leeft in oude eikenbossen, waarbij de larven drie tot acht jaar in rottend hout leven alvorens te verpoppen. De soort maakt vaak gebruik van rottend hout dat aan randen van het bos of in open plekken aanwezig is (F5), waarschijnlijk omdat deze soort in Nederland aan de noordwest-grens van zijn areaal zit, is en opwarming van het hout door de zon gunstig is voor de ontwikkeling van de larven (Smit & Hendriks 2005). De Kleine ijsvogelvlinder leeft in bossen op vochtige bodems waarin kamperfoelie groeit als waardplant voor de rupsen. Ook voor deze soort geldt dat bosranden, brede paden en open plekken veelvuldig worden gebruikt (o.a. Veling et al. 2004).

Soorten die gebonden zijn aan de combinatie van gesloten bos, bosranden en open (heide)vegetaties zijn o.a. Nachtzwaluw, Draaihals en Wespendif, waarbij de laatste ook in de broedtijd een dermate groot ruimtegebruik heeft dat andere landschappen tot tientallen kilometers in de omtrek (en soms nog verder) worden gebruikt (Van Manen et al. 2011). Veel diersoorten hebben vroeger sterk geprofiteerd van de combinatie van het van nature afwisselende Grondmorene- en terrassenlandschap met kleinschalig (agrarisch) gebruik. Dit gebruik zorgde door het telkens plaatselijk terugzetten van de successie (verstoring) voor het behoud van variatie van verschillende habitats (V1), scherpe en geleidelijke overgangen hiertussen (V4 en V5), vaak resulterend in mantel- en zoomvegetaties (V3). Daarnaast resulteerde het gebruik in aanvullende elementen (V2), zoals houten weipaaltjes, open zandige plekken na plaggen of branden en een verhoging van het voedselaanbod door plaatselijke bemesting en begrazing. Dit resulteerde in hoge dichtheden van soorten als Korhoen en Grauwe Klauwier. Zowel door het staken van kleinschalig gebruik in natuurgebieden als het intensiveren van het gebruik buiten natuurgebieden, in combinatie met verzuring en vermesting, heeft gezorgd voor een sterke afname van de landschappelijke variatie en het (vrijwel) verdwijnen van voornoemde soorten.

Sturende processen

Vervening, ontginning en drainage hebben dit landschap omgevormd naar een overwegend droog tot wisselvochtig landschap met slechts lokaal natte of drasse gebieden. Daarmee zijn ook de

oorspronkelijk sterke gradiënten in nutriëntgehalte van het bodem- en grondwater (kwel en lithoclien water) en in drainage sterk vervlakt.

De bodemprocessen vertonen overeenkomst met die in het dekzandlandschap, maar kenmerken zich door een podzolering die vrij grootschalig is opgetreden onder slecht gedraineerde condities met vorming van hydropodzolbodems. Het wisselvochtige karakter heeft ondanks de lemige uitgangssituatie geleid tot verzuring en uitloging (zie Beknopte beschrijving: Bodem en waterhuishouding). Vanwege hun lage GLG kunnen deze bodems voor het overgrote deel niet (meer) tot het Nat zandlandschap worden gerekend.

Begrazing van bos- en heidelandschappen is in het algemeen essentieel om successie tegen te houden, meer structuurvariatie en biotische gradiënten aan te brengen, en voor de verspreiding van diasporen. Wilde grote grazers zijn in het grondmorene- en terrassenlandschap echter schaars: edelherten ontbreken en buiten de Meinweg geldt een nulstand voor wilde zwijnen.

Knelpunten

- Oude droge bossen zijn overwegend klein en scherp begrensd. Ze komen voor als opgaande bossen op leemopduikingen of als voormalig hakhout rond akkercomplexen, soms met randwallen. In beide gevallen is sprake van aanzienlijke randinvloeden en een hoge invang van stikstof door de bosrand. Successie leidt tot bos met een groter aandeel schaduwtolerante houtige soorten (Beuk, Hulst) en met dikkere humusprofielen. Vanwege het ontbreken van uitwijkmogelijkheden staan karakteristieke bosplanten en kwalificerende mantel- en zoomvegetaties van rijkere bostypen (H9120, H9160A) en van open ruimtes in bossen hierdoor onder druk (Peterken & Francis 1999). Het terugzetten van bosranden en het maken van open ruimtes biedt geen soelaas want deze maatregelen leiden tot een nog grotere randinvloed en tot langdurige dominantie van bramen (Bijlsma 2004).
- Vanouds is er een aanzienlijke overlap in soortensamenstelling tussen zoomvegetaties van oude (hakhout)bossen, en rijke heischrale graslanden. De huidige scherpe begrenzing van de steeds donker wordende 'holten' laat geen ruimte voor flora en fauna van open plekken in bossen en voor zoomplanten en fauna van meer permanente bosranden. Aangezien ook schrale, beschaduwde bermen in het aangrenzende cultuurlandschap als leefgebied voor dergelijke soorten door vermessing verdwijnen, dreigen veel karakteristieke soorten van structuurgradiënten uit dit deel van het lemige zandlandschap te verdwijnen, zoals Echte guldenroede, Hengel, Havikskruiden en Fraai hersthooi en heischrale soorten zoals Struikhei, Muizenoor, Hondsviooltje en Blauwe knoop (Londo 2001, Bijlsma et al. 2001).
- Jonge heide- en stuifzandbebouwingen op een ondiepe ondergrond met keileem of terrasleem zijn vanwege ruimtelijk heterogeen optredende extremen in vochtcondities (langdurige stagnatie vs. betonharde indroging met krimpscheuren) nauwelijks interessant als productiebos. Veelal is door begreppeling, rabattering of diepe bodembewerking geprobeerd de groeicondities te verbeteren. De natuurkwaliteit van deze bossen is laag, ook voor soorten van Lg13 en Lg14 (Bos van arme zandgronden resp. Eiken- en berkenbos van lemige zandgronden). Deze bossen spelen nu geen rol als leef- of uitwijkgebied voor karakteristieke soorten.
- Hoogteverschillen, juist ook subtiele (grootteorde van dm's) als gevolg van steilkantjes en het ondiep aanwezige pre-dekzandrelief in het grondmorenelandschap, gecombineerd met wisselvochtigheid en extremen in microklimaat, leiden tot mozaïeken van stuifzandheide (verstoven kopjes), droge heide en vochtige heide (in de laagtes), hetgeen sterk bijdraagt aan de diversiteit van leefgebied en aan risicospreiding in ogenschijnlijk uniforme heidegebieden.

Het beheer van deze heterogeniteit krijgt onvoldoende aandacht. Tegelijkertijd vormen plaggen en chopperen een groot risico. Aanzienlijke oppervlakten heide met de bedoelde kwaliteit zijn goeddeels ongemerkt verloren gegaan. Herstel is niet mogelijk.

- De meeste rijke bossen (H9160A, incl. wisselvochtige laagtes met moerasvegetatie) op wisselvochtige leem (bij voorbeeld Smoddebos bij Losser, Haverkamp bij Glanerbrug, Bentheimer Wald, Heksenbos/Willinks Weust) of oude rivierklei (bijv. Hekenbroek/Ulenpas bij Hoog Keppel, Bijvank bij Beek, Bevermeer, Bosslag/Lamslag bij Angerlo, Greffelkamp bij Didam, Maldense Broek, Personenbos bij Wijchen, Anoltse Broek) zijn verdroogd en niet of moeilijk hydrologisch te herstellen vanwege hun ligging in herverkavelde landschappen of afhankelijkheid van stagnerend regenwater. Verdroging van dergelijke vaak door eik gedomineerde bossen leidt tot verzuring, strooiselaccumulatie en het verdwijnen van de voorjaarsflora, en uiteindelijk tot dominantie van bramen.
- In de droge delen van het gradiënttype kunnen met name Amerikaanse eik en Amerikaanse vogelkers tot dominantie komen wat leidt tot uiterst soortenarme, niet-kwalificerende vegetaties in kansrijke gradiëntmilieus (o.a. Brunsummer heide, Kempenland-West).

Maatregelen

- Voor het vergroten van het leefgebied van lichtminnende soorten van oude bossen kunnen drie sporen worden gevolgd:
 - In kleine oude bossen met een voor H9120 relatief rijke flora is het gewenst in te zetten op lichtminnende boomsoorten zoals eik en berk en zonodig terrugdringen van verjonging van Beuk ten gunste van een struiklaag met Hazelaar en Lijsterbes (met snelverterend strooisel). Hulst en, op stagnerende plekken vooral Sporkehout, zullen zich naar verwachting zonder verdere maatregelen handhaven en zelfs uitbreiden.
 - In plaats van in kleine oude bossen structuurmaatregelen door te voeren (maken van open plekken, bosrandbeheer) die ruimte zouden moeten bieden aan soorten met een geringe schaduw- en strooiseltolerantie en aan lichtminnende kleine fauna, kan oude infrastructuur worden ontsloten en onderhouden: bermen kunnen worden verbreed tot grazige stroken (dreven, traas) en kleine open ruimtes met zoom- en mantelvegetaties waarvan de al aanwezige oudbossoorten sterk zullen profiteren (Bijlsma et al. 2001, Buckley et al. 2007) en er meer bloem- en waardplanten komen voor entomofauna (Veling et al. 2004). De grazige bermen kunnen jaarlijks worden gemaaid, en de aangrenzende mantels periodiek teruggezet (Van den Bos 2004). Tegelijkertijd kan het oude bos een natuurlijke ontwikkeling doormaken waarbij meer dikke bomen en uiteindelijk aftakeling en bosdynamiek optreden (zie echter ook a). De bermen dienen als uitvalsbasis voor hervestiging van soorten in het bos zodra zich daar gunstige condities voordoen (voorbeelden: Liesbos bij Breda, Ulvenhoutse bos, Norgerholt).
 - In grotere oude boscomplexen kan juist wel worden ingezet op een spontane ontwikkeling waarin ook Beuk een rol speelt en waarbij naast de onder a en b beschreven maatregelen ook bosrandbeheer en (in een uniforme uitgangssituatie) mozaïekbeheer kunnen worden uitgevoerd, gericht op structuurdiversiteit en verbreding van mantel- en zoomvegetaties (Van den Bos 2004, Veling et al. 2004), op (tijdelijke) open ruimtes in bossen (Van den Bos 2004, Smith et al. 2007) en tegelijkertijd op het terugdringen van de invang van stikstof door scherpe bosranden (Wuyts et al. 2009). Deze maatregelen zijn met name effectief als er sprake is van een voldoende grote graasdruk zodat grazers

belangrijk bijdragen aan het beheer van randen en open ruimtes en tegelijkertijd diasporen van doelsoorten inbrengen en verspreiden.

- Herstel van leefgebied voor gemeenschappelijke soorten van rijke heischrale graslanden en zoomvegetaties is mogelijk door:
 - Natuurontwikkeling in de aangrenzende voormalige schraalgraslanden op leem of lemig zand. Door een combinatie van maai-beheer en extensieve begrazing kunnen zoom- en mantelvegetaties (de laatste door struweelvorming in ongemaaide delen) worden teruggebracht in een heischrale landschappelijke context.
 - Waar zich mogelijkheden voordoen van uitwisseling tussen populaties van Natura 2000-doelsoorten in bosjes, wallen en langs wegen (bij voorbeeld met Havikskruiden, Hengel, Bosanemoon) kunnen de paden en wegen langs en door bosrelicten worden aangesloten op het cultuurlandschap (Deckers et al. 2005). Ook voor de fauna (onder andere vlinders, vleermuizen) zijn de aldus ontstane corridors van belang (Dover et al. 2000, Walker et al. 2006). Deze maatregel vereist integraal beheer van bosrelicten, houtwallen en oude infrastructuur met schrale grazige bermen.
- Maatregelen die meer regenwater toelaten en vasthouden zullen in (jonge) bebossingen op stagnerende bodems leiden tot aanzienlijk meer structuurdynamiek (lokale sterfte, verjonging van vochttolerante houtige boomsoorten, vooral berk en Grove den) en de vestiging en uitbreiding van veenmossen. Te denken valt aan het dichteren van afvoerende greppels, het openen van aanvoerende greppels en laagtes, en het betrekken van bos bij waterberging (indien niet te voedselrijk). Vaak bevinden bronpopulaties van veenmossen zich al in het bos (greppels, stuifzandveentjes in noordhellingen) of in de directe omgeving (vochtige heide, vennen). Zodra zich veenmosontwikkeling gaat voordoen, heeft dit een zelfversterkend effect ('paludificatie'). Enerzijds houdt een veenmosdek water lang vast, anderzijds leidt dit tot versnelde sterfte van de oorspronkelijke boomlaag waardoor minder regenwater verloren gaat door verdamping uit de boomkronen. Aldus kunnen zich in de laagtes vlekken van een nieuwe type hoogveenbos ontwikkelen wat de natuurkwaliteit vergroot en meer uitwijkmogelijkheden geeft voor soorten van het heidelandschap.
- Heidebeheer in het droge en wisselvochtige zandlandschap kan effectiever worden (qua kosten en ecologisch resultaat) door rekening te houden met de aanwezig abiotische heterogeniteit in moedermateriaal en reliëf. Hierbij zijn bodemkaarten en het AHN onontbeerlijk naast inzicht in de kwaliteiten die een langdurige spontane ontwikkeling oplevert (zie Stuwvallandschap). Stuifzandkopjes zijn na egalisatie niet meer te herstellen. 'Halfvennen', oude droge heide en venige heide hebben bijzondere kwaliteiten dankzij een ontwikkeling die minstens een à twee heidegeneraties (40-60 jaar) heeft kunnen plaatsvinden zonder aanzienlijke bodemverstoring (Bijlsma et al. 2009a,b). Zelfs de hoofdlijnen van heideontwikkeling op langere termijn onder primaire invloed van (a)biotische heterogeniteit (uitgaande van een basisbeheer van verwijderen van opslag van Grove den en Amerikaanse vogelkers) vormen een **kennislacune** omdat heidevegetaties nooit zijn beschouwd als systemen die zich op langere termijn kunnen ontwikkelen. Tegelijkertijd is ook de wijze waarop de grote en kleine fauna gebruikt maakt of wellicht zelfs afhankelijk is van de (a)biotische heterogeniteit in het heidelandschap een **kennislacune**. Dit alles betekent dat pluggen en chopperen alleen nog in uitzichtloze situaties (zoals grootschalige vergrassing met Pijpenstrootje) en tegelijkertijd alleen in geval van een verwacht duurzaam herstel als herstelmaatregelen gelden.
- In het geval sprake is van wisselvochtig of onomkeerbaar verdroogd bos op kei- of terrasleem of oude rivierklei (zie anders: Nat zandlandschap) kan door groepsgewijze omvorming van eik

naar boomsoorten met snel verterend strooisel (bv. es of esdoorn) tenminste een deel van de rijke bosflora behouden blijven (Hommel et al. 2007). Hierbij is de struiklaag of tweede boomlaag van belang bij het voorkómen van uniforme verbruiging (verbraming) door te hoge lichtinval (Bijlsma 2004). De op het zuiden gelegen bosranden kunnen worden verbreed als leefgebied voor kleine fauna. Smalle, strookvormige open ruimtes kunnen worden aangebracht als leefgebied voor bosvlinders zoals Kleine ijsvogelvlinder (Veling et al. 2004).

- Het structureel terugdringen van Amerikaanse vogelkers en Amerikaanse eik in de zwak-lemige en leemarme delen van dit gradiënttype is alleen mogelijk met een specifiek op bestrijding gericht meerjarig beheerplan op landschapsschaal. Zie Bos (2011) voor Amerikaanse vogelkers.

Aandachtspunten

- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna is het in de meeste gevallen gewenst om een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats en elementen of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn open zand, bloemrijke droge en vochtige vegetaties en bosranden. Het verdient aanbeveling om herstelmaatregelen in deze verschillende habitats dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstelde habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.
- Wanneer in een gevarieerd landschap een hoge soortenrijkdom behouden of versterkt moet blijven (D1 of D2) dan is het (met enige regelmaat) uitvoeren van kleinschalige maatregelen (plaggen, kappen van bos of struweel) aan te raden boven grootschalige maatregelen. Indien het landschap op grote schaal is verbruigd en er geen soorten in het terrein aanwezig zijn die behouden moeten blijven, kunnen grootschaliger maatregelen worden uitgevoerd.

Voorbeelden

Belangrijke Natura 2000-gebieden voor dit gradiënttype zijn (zie Bijlage 1 voor een compleet overzicht): Drouwenerzand, Mantingerbos, Mantingerzand en Norgerholt (grondmorene) en Brabantse Wal, Brunssumerheide, Meinweg, Regte heide, Willinks Weust en Zeldersche Driessen (terrassen).

Voorbeelden van herstelmaatregelen:

- Natuurontwikkeling in graslanden in relatie tot zoomvegetaties en heischrale soorten: rond Mantingerveld, Gasterse Holt, Heekenbroek bij Hoog-Keppel
- Rol van 'dreven' als uitvalsbasis voor oudbosplanten en zoomplanten: Liesbos, Ulvenhoutse bos, Norgerholt
- Ontwikkeling stagnerende stuifzandbebouwingen: Drents-Friese Wold (Berkenheuvel)
- Vergroting structuurdiversiteit in oude bossen op wisselvochtige bodems: projecten Kleine ijsvogelvlinder: Leusveld/Landgoederen Brummen, Hackfort, Heekenbroek bij Hoog-Keppel
- Bosrandbeheer verdroogde Eiken-haagbeukbossen op oude rivierklei: Bevermeer.

Literatuur

- Beijerinck, W. & A.J. ter Pelkwijk 1952. Rubi in the northeastern part of the Netherlands. *Act. Bot. Neerl.* 1: 325–360.
- Bijlsma, R.J., H. van Blitterswijk, A.P.P.M. Clerckx, J.J. de Jong, M.N. van Wijk & L.J. van Os 2001. Bospaden voor bosplanten. Bospaden en –wegen als transportroute, vestigingsmilieu, refugium en uitvalsbasis voor bosplanten. Alterra-rapport 193, Wageningen.
- Bijlsma, R.J. 2004. Verbraming: oorzaken en ecologische plaats. *De Levende Natuur* 105(4): 138–144.
- Bijlsma, R.J., R.W. de Waal & E. Verkaik. 2009a. Natuurkwaliteit dankzij extensief beheer. Nieuwe mogelijkheden voor beheer gericht op een veerkrachtig bos- en heidelandschap. Alterra-rapport 1902, Wageningen.
- Bijlsma, R.J., R. de Waal, P. Hommel & H. Diemont. 2009b. Heide met een dikke H: een miskend onderdeel van een veerkrachtig heidelandschap. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6(2): 2–5.
- Bos, G. 2011. Prunus bestrijden, het kan! De aanpak op landgoed Scherpenzeel. *Vakblad NBL* april 2011, 4–7.
- Buckley, G.P., R. Howell & M.A. Anderson 2007. Vegetation succession following ride edge management in lowland plantation and woods. 1. The influence of site factors and management practices. *Biological Conservation* 82: 289–304.
- Deckers, B., P. De Becker, O. Honnay, M. Hermy & B. Muys 2005. Sunken roads as habitats for forest plant species in a dynamic agricultural landscape: effects of age and isolation. *J. Biogeogr.* 32, 99–109.
- De Waal, R.W. & R.J. Bijlsma 2003. Bossen van de keileemgronden: betekenis van stagnerend grondwater voor de ontwikkeling van humusprofiel en vegetatie. Alterra-rapport 804, Wageningen.
- Dekker, L.W., A.H. Booij & C.J. Ritsema 1997. IJzerbanden en ijzerwanden in onze zanden: de samenhang ervan met de stroming van water. *Stromingen* 3(2): 29–40.
- Dover, J., T. Sparks, S. Clarke, K. Gobbett & S. Glossop 2000. Linear features and butterflies: the importance of green lanes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80: 227–242.
- Hommel, P., R. de Waal, B. Muys, J. den Ouden & Th. Spek 2007. Terug naar het lindewoud. Strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Keizer, P.J. 2003. Paddestoelvriendelijk natuurbeheer. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Koomen, A., P. Kiden & E. Verbauwen (red.) 2006. Van beekdal tot stuifduin; aardkundige waarden in Noord-Brabant. Provincie Noord-Brabant.
- Londo, G., N. de Haan & J. Lagerweij 2001. Veranderingen in de natuur van een gemeente in de Gelderse Vallei. *De Levende Natuur* 102 (6): 273–277.
- Peterken, G.F. & J.L. Francis 1999. Open spaces as habitats for vascular ground flora species in the woods of central Lincolnshire, UK. *Biological Conservation* 91: 55–72.
- Rackham, O. 2003. Ancient woodland. Its history, vegetation and uses in England. New edition. Castlepoint Press, Colvend.
- Reemer, M., & Krekels, R.F.M. 2008. Beschermingsplan blauwvleugelsprinkhaan in Gelderland. EIS-Nederland en Bureau Natuurbalans–Limes Divergens, Leiden – Nijmegen.
- Renes, J. 1999. Landschappen van Maas en Peel. Een toegepast historisch-geografisch onderzoek in het streekplangebied Noord- en Midden-Limburg. Eisma, Leeuwarden.
- Smeenge, H. 2006. Holten en strubben in het stroomgebied van de Drentsche Aa. *De Levende Natuur* 107(1):

- Smith, G.F., S. Iremonger, D.L. Kelly, S. O'Donoghue & F.J.G. Mitchell 2007. Enhancing vegetation diversity in glades, rides and roads in plantation forests. *Biological Conservation* 136: 283–294.
- Van Beek, R. 2009. Reliëf in tijd en ruimte. Interdisciplinair onderzoek naar bewoning en landschap van Oost-Nederland tussen vroege prehistorie en middeleeuwen. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Van den Bos, H. 2004. Naar het bos van morgen. Beheer van multifunctioneel bos. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Van den Broek, J.M.M. 1962. Podzolen in Tertiaire zanden in Zuid-Limburg. *Boor en Spade* 14: 184–195
- Van den Munckhof, P. 2011. De geologie van het Grenspark Maas-Swalm-Nette. *Natuurhistorisch Maandblad* 100 (10), 176–181.
- Van Manen, W., van Diermen J., van Rijn S. & van Geneijgen P., 2011. Ecologie van de Wespindief *Pernis apivorus* op de Veluwe in 2008–2010, populatie, broedbiologie, habitat gebruik en voedsel. Natura 2000 rapport, Provincie Gelderland Arnhem NL/Stichting Boomtop www.boomtop.org Assen.
- Veling, K., J. Smit & V. Siebering. 2004. Bosrandbeheer voor vlinders en andere ongewervelden. KNNV Uitgeverij.
- Waterbolk, H.Tj. 1948. Landschap en plantengroei van Havelte. In J.C. Smittenberg (red.) 1973, *Plantengroei in enkele Nederlandse landschappen*. Bondsuitgeverij Jeugdbonden voor Natuurstudie, Amsterdam; 193–229.
- Walker, M.P., J.W. Dover, T.H. Sparks & S.A. Hinsley 2006. Hedges and green lanes: vegetation composition and structure. *Biodiversity and Conservation*: 15:2595–2610.
- Wuyts, K., A. De Schrijver, F. Vermeiren & K. Verheyen 2009. Gradual forest edges can mitigate edge effects on throughfall deposition if their size and shape are well considered. *Forest Ecology and Management* 257: 679–687.

Gradiënttype 3: Stuwwallandschap

Beknopte beschrijving

Geomorfologie en ruimtelijke schaal

Stuwwallen bestaan uit heuvels en ruggen van gestuwde pre-Saalien afzettingen van wisselende samenstelling en een voetzone van puinwaaiers en spoelzandvlakten, die opgebouwd zijn uit grove, vaak zeer grindrijke (meestal fluviatiele) afzettingen. Ook smeltwaterterrassen (tussen stuwwallen) worden tot dit type gerekend (zoals het stroomdal van de Hierdense beek op de Noord-Veluwe). Grind-, zand- en leemlagen wisselen elkaar af in een patroon dat door de stuwricting wordt bepaald, met zeer plaatselijk resten keileem (bijv. Havelterberg). De grinden komen voor als hogere, zeer droge koppen en ruggen; leem vooral in langgerekte depressies in de stuwwal. In de vlakkere stuwwallen, zoals die van het Gooi, de westelijke Veluwe en Oud-Reerst, is de stuwing minder zichtbaar in het bodempatroon.

De heuvels en ruggen worden gekenmerkt door 'droge dalen' ontstaan tijdens koude perioden met bevroren ondergrond, aan het uiteinde waarvan de puinwaaiers liggen. De spoelzandvlakten zijn ontstaan als glaciële smeltwaterafzetting in lagere delen van stuwwalcomplexen. Deze uit grindhoudende zanden of zelfs grinden bestaande afzettingen dekken de gestuwde lagen volledig af. In lage delen van de stuwwallen zijn de grindhoudende oudere afzettingen vaak bedekt door Laat-Glaciaal dekzand van wisselende dikte.

Dekzand komt ook voor als langgerekte, geïsoleerde ruggen op de hogere delen van de stuwwallen, met name op de Veluwe. Dit dekzand gaat aan de zuidzijde van de Veluwezoom, maar ook van het Montferland en het Rijk van Nijmegen, over in zandige löss, die mineralogisch veel rijker is dan het dekzand. Op de dekzandruggen komen lokale stuifzanden voor zoals het Rozendaalse Zand en het Grote zand bij Ugchelen. Het stuwwal materiaal zelf is niet gevoelig voor verstuiving vanwege de grove en lemige textuur (grindrijk).

Kenmerkend voor de steile stuwwalhellingen, in het bijzonder van de Veluwezoom, het Montferland en het Rijk van Nijmegen, is het voorkomen van droge dalen, die in de lagere delen lokaal water kunnen voeren (bronnen en sprengen). Bij aanwezigheid van löss kan hier zelfs kalkhoudend water uittreden (zie Beekdallandschap).

Oudere bewoning en daaraan gerelateerd agrarisch landgebruik is grotendeels geconcentreerd in de voetzones van de stuwwallen, waar water beschikbaar was. Hier komen uitgebreide complexen van enkeerdgronden voor en is het agrarische landschap uitgesproken fijnschalig. De stuwwallen zelf worden gekenmerkt door een zeer grootschalig landgebruik met in eerdere instantie vooral heidevelden en, vanaf het einde van de 19de eeuw, uitgestrekte heide- en stuifzandbebouwingen.

Bodem en waterhuishouding

De stuwwallen kenmerken zich door een 'geband' bodempatroon, waarbij in lemig moeder-materiaal moderpodzolgronden (bij voorbeeld hoge stuwwal Zuid- en Midden-Veluwe) en in humusarm materiaal humuspodzolgronden (smeltwaterwaaiers- en terrassen en bij voorbeeld stuwwalplateaus Noord-Veluwe en Sallandse Heuvelrug). In sterk lemig situaties kunnen soms moderpodzolen met banden Bt voorkomen of zelfs brikgronden (bijv. stuwwal van Oldenzaal). De variatie in leemgehalte leidt tot variatie in nutriëntenstatus en P- en vochtvoorziening (zie Bijlage 2). Ook bodems in de voetzones worden sterk door de ondergrond bepaald, met humuspodzolen in arme dekzanden en verspoeld stuwwal materiaal, moderpodzolen in rijkere zanden en moderpodzolen met banden Bt of brikgronden in lösslemen. Waar in lagere, vlakke voetzones een dunne laag dek- of stuifzand is afgezet op grindrijke oudere afzettingen, is regelmatig een

stagnerende laag ontstaan met plaatselijk vorming van hangwatervennen of drasse plekken en komen uitgesproken humuspodzolen of zelfs moerige gronden voor.

Het stuwwallandschap is, hydrologisch gezien, een inzigtgebied met diepe grondwaterspiegel. Alleen in insnijdingen in de voetzone komt dit grondwater aan het oppervlak. Daarnaast komt in vlakke delen van de voetzone lokaal stagnatie voor.

Vegetatiegradiënt

Vegetatiegradiënten in stuwwallandschappen met hun diepe grondwaterspiegels zijn sterk bepaald door plaatskeuze van nederzettingen en vroege ontginning wat op hun beurt werd gestuurd door de ligging ten opzichte van (stromend) water en bodemvruchtbaarheid. Dit betekent dat de meeste en oudste ontginningen in de flanken of aan de voet van stuwwallen liggen en, op de stuwwallen zelf, op lemige moderpodzolen of nog lemiger bodems. Rond de akkercomplexen ('engen' of 'enken') lag tot in het begin van de 20ste eeuw hakhoutbos, op de stuwwalplateaus van de Veluwe plaatselijk ook opgaand bos (bijv. Edese bos, Speulder- en Sprielderbos, Gortelse bos) en dan altijd op moderpodzolgronden. De bossen werden met wallen begrensd ten opzichte van de woeste grond: de heidevelden op de stuwwalplateaus. Dankzij bijzondere eigendomsverhoudingen zijn hier en daar nog oude bossen bewaard gebleven van stuwwalvoet tot -plateau, zoals de Doorwerthse bossen en in het Nederrijkswald (Bouwer 2008). De met deze ontginningsgeschiedenis op hoofdlijnen samenhangende vegetatiegradiënt begint in de bossen rond of nabij de nederzetting op moderpodzolgrond (zie Figuur 3). Deze oude bossen behoren alle tot habitatype Beuken-eikenbossen met hulst (H9120) ook waar ze sterk zijn gedegradeerd tot strubbenbos. In dit laatste geval wijst vaak alleen dominantie van Adelaarsvaren nog op een ooit veel rijker bos.

De rond de nederzettingen en het oude bos gelegen heides op lemige bodem moeten het karakter hebben gehad van Heischrale graslanden (H6230) maar zijn vrijwel alle alsnog ontgonnen of bebost. Anderzijds zijn sommige oude bossen op sterk lemige bodem uiteindelijk zo gedegradeerd geraakt dat vrijwel alleen nog heide en heischraal grasland resteerde (bij voorbeeld Posbankgebied in de Veluwezoom). De Droge heide (H4030) op het stuwwalplateau kent twee vormen: (1) heide op moderpodzolgrond, gekenmerkt door een hoge P-beschikbaarheid, veel kruiden, bromsoorten, Tandjesgras en plaatselijk bramen en (2) heide op humuspodzolgrond met een lage P-beschikbaarheid en vooral bestaande uit dwergstruiken en (korst)mossen (Hommel et al. 2009, Bijlsma et al. 2009a). Vergrassing in rijke heide betreft meestal Bochtige smele, in arme heide Pijpenstrootje. Beide typen hebben een eigen ontwikkeling van het humusprofiel en daarmee van de vegetatie. In rijke heide ontstaat een kruimige, bruine Hr-horizont waarin kruiden en Blauwe bosbes zich vestigen; in arme heide ontstaat een compacte, zwarte Hh-horizont die stagnerend werkt en waarin vochtminnende soorten gaan optreden zoals Dophei, Veenbies en Kussentjesmos (Bijlsma et al. 2009a,b).

Op de Veluwe en plaatselijk ook op de Sallandse Heuvelrug en Lemelerberg zijn dekzanden afgezet op het stuwwalmateriaal, op de Veluwe zelfs in langgerekte ruggen, die deels zijn verstoven tot lokale stuifzandjes, zoals het Rozendaalse Zand. In de overgangen van deze lokale stuifzanden naar het rijkere stuwwalmateriaal komen enkele Jeneverbesstruwelen voor (H5130). Vooral in de nabijheid van grote stuifzanden (zie gradiënttype 1) kunnen aanzienlijke oppervlakten oud bos op stuwwalmateriaal zijn ingestoven tot reliëfvrije Oude eikenbossen (H9190) met hoge randwallen, soms geheel omgeven door stuifzand. Mooie voorbeelden op de Veluwe liggen op de stuwwallen van Oud Reemst (Deelense Start), Kootwijk (Kootwijker Benedenbos) en de oostelijke Veluwe (bij voorbeeld tussen Hoenderloo en Beekbergen). Een

minder vaak voorkomende vorm van Oude eikenbossen betreft oude bossen op gedegradeerde moderpodzolgronden die zich vanuit opslag van eik in heide ('heide met struiken') hebben ontwikkeld in de nabijheid van oude bossen van H9120 (Bijlsma et al. 2009c). Dit type Oude eikenbossen wordt gekenmerkt door zgn. eikenclusters: ringvormige eikengroepen die zijn ontstaan door afleggers van struikvormige eiken en uit één of slechts enkele individuen bestaan (Den Ouden et al. 2009). Uit deze opsomming blijkt dat Oude eikenbossen in tegenstelling tot de Beuken-eikenbossen met hulst onderdeel zijn van het sterk begraasde heide- en stuifzandlandschap. Lokaal verstoven dekzanden hebben ook aanleiding gegeven tot Stuifzandheide met struikheide (H2310) die dan in mozaïek kan voorkomen zowel met rijke als arme Droge heide. Op de Midden- en Noord-Veluwe en de Havelterberg komen Binnenlandse kraaiheibegroeiingen (H2320) voor zowel in de context van stuifzandheide (en meer nog stuifzandbebossingen), als van droge heide. Op licht overstoven stuwalmateriaal komen ook bijzondere Heischrale graslanden (H6230) voor, zoals op het ISK Harskamp (met o.a. Valkruid) en op het Braamsveldje op de Hoge Veluwe (met o.a. Heidezegge, Kleine schorseneer, Maanvaren). Soortenrijke heischrale vegetaties zijn beperkt tot sterk lemige bodems (o.a. Havelterberg, Leemputten van Staverden) of langdurig verrijkte bermen van oude infrastructuur.

Fauna

Het Stuwvallandschap kent een grote variatie in geologie, geomorfologie, terreinreliëf en menselijke invloeden. Het landschap kent hierdoor een rijke diergemeenschap die sterke overlap vertoont met die van de andere gradiënttypen, met name het Grondmorene- en terrassenlandschap (gradiënttype 2), het Dekzandlandschap (gradiënttype 4) en in mindere mate het Stuifzandlandschap (gradiënttype 1). De belangrijkste mozaïekstructuren van habitats voor de fauna betreffen combinaties van oude bossen met droge heide of stuifzandheide. In sommige terreinen komt daar nog een overgang met heischraal grasland bij, en het voorkomen van bronbeekjes op de stuwwallen. Deze mozaïekstructuren zijn soms grofkorrelig (V1b), maar vaker fijnkorrelig (V1a). Op macro- tot megaschaal zijn ook overgangen naar andere landschappen van belang, zoals beekdalen en nat zandlandschap, met name natte heideterreinen. Voorbeelden van soorten die gebonden zijn aan open droge heideterreinen (op dekzand- en stuifzandenbodems) zijn Blauwvleugelsprinkhaan, Wrattenbijter en Zadelsprinkhaan: deze soorten leggen hun eieren in open zandige bodem. De Blauwvleugelsprinkhaan is echter voor zijn voedsel gebonden aan kruidachtige planten van de droge heide (interne heterogeniteit V6) (Reemer & Krekels 2008). De Zadelsprinkhaan is afhankelijk van struweelopslag of mantelvegetaties aan randen van heideterreinen (F1), waarbij de struiken gebruikt worden als foerageerterrain, schuilplaats en opwarmplek. Deze soort leeft op een geleidelijke overgang in het landschap (V5) die door bosopslag en verruiging opschuift (en uiteindelijk verdwijnt) wanneer natuurlijke dynamiek (begrazing, stormschade) of menselijke verstoring (natuurbeheer) achterwege blijft. Ook bij te grote verstoring verdwijnt de soort doordat het habitat te open wordt. De Kleine Wrattenbijter komt slechts voor op één militair oefenterrein waar om de paar jaar wordt gebrand. De soort lijkt gebonden aan open bodem met een zeer geringe ontwikkeling van strooisel en mos, waarschijnlijk in combinatie met een hoog aanbod van kleine ongewervelde prooidieren (Reemer & Van Hoof 2005). Ook Kommavlinder en Heivlinder zijn gebonden aan droge heideterreinen, waarbij de laatste soort ook solitaire bomen en bosranden gebruikt om te overnachten en voor thermoregulatie. De Zandhagedis bewoont droge heideterreinen met een

grote interne heterogeniteit (V6), waarin zowel open als gesloten vegetatie voorkomt (opwarmen, foerageren en schuilen), als open zand (eiafzet).

Enkele diersoorten van het Stuwwallandschap zijn juist gebonden aan bossen. Het Vliegend hert leeft in oude eikenbossen, waarbij de larven drie tot acht jaar in rottend hout leven alvorens te verpoppen. De soort maakt vaak gebruik van rottend hout dat aan randen van het bos of in open plekken aanwezig is (F5), waarschijnlijk omdat de soort in Nederland aan de noordwestgrens van zijn areaal zit, is en opwarming van het hout door de zon gunstig is voor de ontwikkeling van de larven (Smit & Hendriks 2005).

Soorten die gebonden zijn aan de combinatie van gesloten bos, bosranden en open (heide)vegetaties zijn o.a. Nachtzwaluw, Draaihals en Wespendif, waarbij de laatste ook in de broedtijd een dermate groot ruimtegebruik heeft dat andere landschappen tot tientallen kilometers in de omtrek worden gebruikt (Van Manen et al. 2011). De Bosparelmoevlinder leeft alleen in droge, halfopen bossen en langs bosranden met unieke condities (F2), waar zowel de waardplant voor de rupsen groeit (hengel, een parasiet op Zomereik, berk en bosbes) en tegelijk ook voldoende bloeiende kruidachtigen (met name gele composieten) voor de volwassen dieren om op te foerageren. De vliegplaatsen zijn vaak klein en tijdelijk van aard omdat de waardplant na verloop van tijd weer verdwijnt. Het kappen van bos levert telkens nieuwe vliegplaatsen op. Veel diersoorten hebben vroeger sterk geprofiteerd van de combinatie van het van nature afwisselende Stuwwallandschap met kleinschalig (agrarisch) gebruik. Dit gebruik zorgde door het telkens plaatselijk terugzetten van de successie voor het behoud van variatie van verschillende habitats (V1), scherpe en geleidelijke overgangen hiertussen (V4 en V5), vaak resulterend in mantel en zoomvegetaties (V3). Daarnaast resulteerde het gebruik in aanvullende elementen (V2), zoals houten weipaaltjes, open zandige plekken na plaggen of branden en een verhoging van het voedselaanbod door plaatselijke bemesting en begrazing. Dit resulteerde in hoge dichtheden van soorten als Korhoen en Grauwe Klauwier. Zowel het staken van kleinschalig gebruik in natuurgebieden als het intensiveren van het gebruik buiten natuurgebieden, in combinatie met verzuring en vermesting, heeft gezorgd voor een sterke afname van de landschappelijke variatie en het (vrijwel) verdwijnen van voornoemde soorten.

Sturende processen

De belangrijkste gradiënten in het stuwwallandschap hangen samen met de geologische opbouw en hydrologie: van zeer droge grindgronden op de stuwwalplateaus, via sterk lemige tot leemarme moderpodzolgronden en droge humuspodzolgronden naar vochtige zandgronden aan stuwwalvoeten. Het voorkomen van löss (Veluwezoom, Sint Jansberg), keileem (Havelterberg) of oude kleien (Landgoederen Oldenzaal) draagt verder bij aan de heterogeniteit in moedermateriaal.

Het historisch landgebruik van de grootschalig droge stuwwallen verschilt sterk van dat in het dekzand- en grondmorenelandschap met hun mozaïeken van droge plateaus, ruggen, kopjes en natte of wisselvochtige laagtes. Grond- en oppervlaktewater zijn op de stuwwallen beperkend. De oudste nederzettingen en ook de overgebleven markenbossen liggen vrijwel zonder uitzondering op de lemige moderpodzolgronden. De gradiënt van nederzetting naar woeste grond geldt zowel voor bodemvruchtbaarheid als intensiteit in terreingebruik.

De krachtige verjonging van Douglasspar op H9120-standplaatsen en van Grove den en Amerikaanse vogelkers in heide- en stuifzandgebieden op humuspodzolgronden en vaaggronden zijn nu sturende processen voor de vegetatieontwikkeling. Buiten de relatief sterk begraasde

Veluwe is ook Amerikaanse eik een zeer invasieve en dominante boomsoort (onder andere Rijk van Nijmegen).

Begrazing is een sterk sturend proces. De verschillen in successiesnelheid en –richting tussen natuurlijk begraasde en onbegraasde terreindelen zijn opvallend (Kuiters et al. 1997, Groot Bruinderink et al. 2004) wat zich vertaalt in aanzienlijke verschillen tussen de stuwwallen van de Veluwe (met een relatief hoge natuurlijke graasdruk) en die van bijvoorbeeld Montferland en het Rijk van Nijmegen (vrijwel zonder natuurlijke graasdruk).

Knelpunten

- De gradiënten in bodemvruchtbaarheid van stuwwalvoet tot –plateau worden slechts heel plaatselijk ingenomen door habitattypen met een lange historische continuïteit (oude bossen, graslanden, heidetypen). De gradiënten zijn veelal onderbroken en afgesneden door intensief agrarisch landgebruik of bebouwing. Vooral de verdwenen of versnipperde samenhang van stuwwalplateaus met (voormalige) kwelzones (beken en sprengen in de flanken en aan de voet van de stuwwallen) maakt het lastig een beeld te vormen van de grote diversiteit aan habitats en soorten die in de 19de en begin 20ste eeuw voorkwamen (wat overigens wél goed gedocumenteerd is met excursieverslagen, zoals voor het Wisselse Veen en de voetzone van de Sint Jansberg). Veel sprengen kwalificeren overigens niet als habitatype maar dragen wel sterk bij aan de abiotische heterogeniteit van het overwegend droge stuwwallandschap en aan leefgebied van aquatische flora en fauna (Menke et al. 2007).
- In het stuwwallandschap met zijn diepe grondwaterspiegels hebben subtiele verschillen in vochtbeschikbaarheid een grote invloed op de vestigings- en overlevingskansen van karakteristieke soorten. Blad- en levermossen zijn in dit opzicht goede graadmeters (Touw 1969, Barkman & Stoutjesdijk 1987, Siebel & Bijlsma 2007). Nat-drooggradiënten, terreincondities en maatregelen die de vochtbeschikbaarheid verhogen zijn hier van groot belang, niet alleen voor karakteristieke (noordelijke) soorten die afhankelijk zijn van een koel en luchtvochtig microklimaat, maar ook voor de ontwikkeling van droogteresistente mozaïeken van habitattypen in heideterreinen. Zowel droge als vochtige heide en hoogveen zijn Atlantische vegetaties die naar verwachting als gevolg van klimaatverandering vaker te maken zullen krijgen met extreme droogte en daardoor kans lopen kwaliteit te verliezen (Vonk et al. 2010).
- De karakteristieke zonering van oude loofbossen ten opzichte van elkaar en het open heide- en stuifzandlandschap op de stuwwallen (zie Vegetatiegradiënt) ligt in een matrix van naaldbossen van Grove den en uitheemse soorten wat de ontwikkeling en het beheer van de hiermee samenhangende vegetatiegradiënten bemoeilijkt. Ook is het hierdoor lastig refugia van bos- en zoomsoorten op boswallen en langs oude infrastructuur (Bijlsma 2002) te koppelen aan de ontwikkeling van habitattypen.
- Oude bossen op relatief rijke bodem (H9120) hebben intern een uniforme ruimtelijke en verticale structuur en zijn extern geïsoleerd door de afwezigheid van overgangen met mantel- en zoomvegetaties. Karakteristieke soorten van een rijke structuur ontbreken vaak; karakteristieke soorten van open ruimtes staan sterk onder druk en hebben zich teruggetrokken op boswallen en langs oude infrastructuur (Bijlsma 2002, Van den Bos 2004).
- Oude bossen van arme bodem (H9190) worden onvoldoende herkend als onderdeel van het heide- en stuifzandlandschap (Den Ouden et al. 2009) en daardoor niet optimaal beheerd. 'Heide met struiken' (d.w.z. met opslag van eik) krijgt geen ruimte mede door een integrale bestrijding van opslag. Het kind lijkt hier met het badwater (Grove den, Amerikaanse

vogelkers) te worden weggegooid. Ook een lage graasdruk is debet aan de massale opslag van ongewenste boom- en struiksoorten in de heide.

- De meer natuurlijke vegetatiemozaïeken en de gradiënten van de heide binnen het bos-, heide- en stuifzandlandschap op de stuwwallen zijn uit beeld geraakt: de bijdrage van rijke en arme typen heide, bosbesheide, grasheide, stuifzandheide, heide met struiken en strubbenbos aan een ecologisch veerkrachtig bos- en heidelandschap wordt onderschat (Bijlsma et al. 2009a).
- De in natuurgebieden resterende heidearealen waren en zijn de minst productieve delen van het stuwwallandschap (Siepel et al. 2009). Door verzuring en plaggen in het nabije verleden zijn de bodems nog verder verschaald waardoor het mozaïek van arme en relatief rijke heidetypen en heischrale vegetaties is verdwenen of sterk verarmd. Voor de entomofauna betekent dit een sterke vermindering van de voedselkwaliteit, met name ten aanzien van fosfaat (Vogels et al. 2011, Bijlsma et al. 2012). Zie ook gradiënttype 4, eerste knelpunt 1.
- Oude zand-, grind- en leemkuilen zijn typisch voor het droge bos- en heidelandschap van de stuwwallen. Ze bevatten vaak permanent water op een leemrijke ondergrond en geven grote contrasten te zien in expositie en moedermateriaal. Door een lange historie van transportactiviteiten en door afwijkende bodems en stagnerend water komen vaak bijzondere soorten flora en fauna voor die door verzuring elders zijn verdwenen (bijvoorbeeld Kamsalamander, Knollathyrus, Bosanemoon). De in bossen gelegen kuilen zijn meestal dichtgegroeid en fungeren niet meer als uitwijkplaats en refugium voor dergelijke soorten.
- Op de stuwwallen kunnen met name Amerikaanse eik en Robinia en in de leemarme delen vooral Amerikaans vogelkers, tot dominantie komen wat leidt tot uiterst soortenarme, niet-kwalificerende vegetaties op de stuwwalplateaus en in kansrijke gradiëntmilieus in de stuwwalflanken (o.a. Sint Jansberg, Veluwezoom).

Maatregelen

- Maatregelen die de ecologische gradiënt van stuwwalvoet naar -plateau kunnen versterken door ontwikkeling of herstel van karakteristieke habitattypen hebben hoge prioriteit. Het gaat hierbij zowel om zoneringen in bostypen als (combinaties met) korte vegetaties, met name waar het stuwwallandschap ecologisch kan worden gekoppeld aan aangrenzende (wissel)vochtige landschappen of extensieve landbouw. Hierbij kan voor herstel vaak gebruik worden gemaakt van cultuurhistorische kennis en infrastructuur (vloeisystemen, molenbeken en -vijvers, landgoederen) (Menke et al. 2007, Baaijens et al. 2011).
- Maatregelen die meer uitwijkmogelijkheden geven voor vochtminnende soorten, droge heide beter bufferen tegen extreme droogte en gradiënten van droge naar vochtige heide en hoogveenvennen versterken zijn:
 - Inzetten op langdurige spontane ontwikkeling van droge heide op humuspodzolen in complexen met vochtige heide of vennen, waardoor dikke, vochthoudende en stagnerende humusprofielen ontstaan. Met luchtfotoreeksen kunnen lang niet-beheerde heidedelen worden opgespoord. Zie ook Dekzandlandschappen, maatregel 2.
 - Inspelen op en versterken van de invloed van lokaal uittredend en stagnerend water, met name lokale kwel uit stuifduincomplexen in en rond heideterreinen, lokaal uit leemlagen uittredend water, stagnerend regenwater, en poelen en kuilen met stagnerend water. De hier bedoelde fenomenen zijn zo lokaal van aard dat ze niet tot herkenbare habitattypen aanleiding geven. Voor fauna zijn het echter belangrijke drinkplekken; het komen en gaan van deze fauna draagt bij aan het transport van diasporen en levert ook een

- verstoringsgradiënt met relatief meer kale bodem en pioniermilieus nabij de waterpunten. Op grotere schaal kunnen zwak gebufferde condities ontstaan in een verder uitgesproken arm landschap (Mosterdveen, Deelse Veld) (zie Nat Zandlandschap). Door het verwijderen van naaldbos kan de verdamping rond deze plekken worden beperkt.
- Inspelen op het ontstaan van ‘halfvennen’ als gevolg van stagnatie van afstromend regenwater op accumulerende amorfe humus in laagtes in heide- en stuifzandgebieden. In eerste instantie levert dit Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150). Veel van de huidige zure vennen in het zandlandschap zijn op deze wijze ontstaan (zie ook Nat Zandlandschap). Oppervlakkige afstroming naar halfvennen vergemakkelijken; niet plaggen in en rond halfvennen; niet mechanisch verstoren.
 - Noordhellingen hebben een relatief koel en luchtvochtig microklimaat vooral als het zuiden ook wordt afgeschermd door bos (‘open-schaduwklimaat’; ‘Blauschatten’). Noordelijke en vochtminnende soorten vinden hier leefgebied en uitwijkmogelijkheden. Tegelijkertijd leveren zuidhellingen habitat dat sterk kan opwarmen wat vooral voor kleine fauna van belang is. Juist in het overwegend vlakke stuwwallandschap verdienen reliëf (bijv. door overstuiving) en steilranden (bij voorbeeld oude vergravingen, kuilen, pad- en wegranden) speciale aandacht bij het beheer, waarbij noordhellingen aan de zuidzijde gesloten kunnen blijven terwijl zuidhellingen juist openheid vereisen.
 - Oude (marken)bossen van het type H9120 liggen per definitie op de betere (lemige) bodems en dus in de nabijheid van dorpen of akkercomplexen. Ze zijn bijna altijd door boswallen gescheiden geweest van zowel de woeste grond als de akkers. Langs of door het bos is altijd infrastructuur aanwezig geweest die het dorp via de woeste grond verbond met andere dorpen. Zowel de wallen als de oude infrastructuur en de relatie met de essen (enken) en woeste grond zijn goed zichtbaar op de Topografische Militaire Kaart van 1850. Herstel of ontwikkeling van vegetatiegradiënten tussen het oude bos en voormalige woeste grond (incl. bosontwikkeling in de heide) vereist maatregelen die inheems bos met bijbehorende wallen en oude infrastructuur direct laat aansluiten op het open landschap. Hiertoe kunnen tussenliggende jongere naaldbossen worden omgevormd naar inheems loofbos (bijv. als al sprake is van loofhoutverjonging) of heide waarbij zo mogelijk de oorspronkelijke wal tussen bos en woeste grond weer als scheidslijn kan gaan fungeren.
 - H9120 heeft altijd een historische achtergrond van productiebos, meestal als hakhout, soms (deels) als opgaand bos. De oude bomen zijn altijd geplant en eik is hierbij altijd bevoordeeld. Onder deze condities is het vooral de beuk die zich spontaan verjongt. Het jonge beukenbos is echter lange tijd structuur- en soortenarm. Omvorming van gelijkjarige beukenbos naar bos met open ruimtes (verjongingseenheden) is gewenst (Van den Bos 2004). Uiteindelijk kan de bosstructuur door dikke bomen, dik staand en liggend dood hout en wortelkluiten- en kuilen nieuw leefgebied opleveren voor soorten die in het overwegend jonge Nederlandse bos nog betrekkelijk weinig voorkomen (holenbroeders, paddenstoelen- en mossen van dik dood hout). Een deel van de specifieke bosvegetatie afkomstig uit het historische productiebos, vaak met tal van zogenaamde oudbossoorten, kan bij een toenemend aandeel beuk niet in het bos zelf behouden blijven, maar wel in en langs min of meer permanente open ruimtes incl. oude infrastructuur. Zie ook de eerste herstelmaatregel bij gradiënttype 2.
 - Oude bossen van het type H9190 zijn tegenstelling tot H9120 onderdeel van het heide- en stuifzandlandschap op de stuwwallen. Voor het behoud en herstel van dit habitatype is natuurlijke verjonging van eik een vereiste. Dit is alleen mogelijk onder lichtrijke condities. Droge heide, heideachtig bos en grovedennenbos laten ruimschoots verjonging toe. Integrale begrazing garandeert dat het bos lichtrijk (‘hol’) blijft. Onder hoge graasdruk maakt eik

afleggers waardoor struikvormige eikengroepjes ontstaan ('eikenclusters'). Bestrijding van Amerikaanse vogelkers is vooral in dit van openheid afhankelijke type bos van belang.

- Droge heide wordt nog steeds sterk op Struikhei zelf betrokken ondanks het feit dat habitattype Droge heide meerdere vegetatiekundige associaties en rompgemeenschappen omvat. De vestiging en uitbreiding van bosbesheide vereist een zekere ontwikkeling van het humusprofiel wat niet plaatsvindt bij een plag- en maaibeheer. In feite vormt bosbesheide een natuurlijke gradiënt naar de bossen. Grasheide, een mozaïek van heischrale vegetaties en dwergstruiken, ontstaat betrekkelijk eenvoudig bij begrazing met runderen, ook vanuit een geheel door smele gedomineerde situatie en is als mozaïek met tal van kruiden een waardevolle component van het heidelandschap. Stuifzandheide komt kleinschalig veel voor in heideterreinen op (licht) overstoven stuwwallen maar loopt een groot risico op vervlakking van het reliëf bij een plag- en maaibeheer. Integrale begrazing (betreding en begrazing van de heidepollen) voorkomt dat de plekjes dichtgroeien. De stuifzandplekjes en -steilkantjes zijn van belang voor de kleine fauna.
- Voor het herstel van de natuurlijke bodemvruchtbaarheid ten aanzien van fosfaat is herstel van de gradiënt tussen woeste grond en extensieve landbouw gewenst. Zie ook de eerste herstelmaatregel bij gradiënttype 4.
 1. De abiotische heterogeniteit in moedermateriaal en microklimaat in en rond zand-, grind- en leemkuilen, en daarmee refugia voor soorten van relatief basenrijke, natte of juist zeer droge habitats (o.a. amfibieën en reptielen), kunnen worden veiliggesteld door de kuilen in ruime mate vrij te stellen van Beuk en periodiek ook van pionierboomsoorten (berk, Boswilg e.d.) waardoor ten minstens een deel van de noord- en zuidhelling permanent open blijven.
 2. Het structureel terugdringen van Amerikaanse vogelkers, Amerikaanse eik en Robinia is alleen mogelijk met een specifiek meerjarig beheerplan op landschapsschaal. Zie ook de zesde herstelmaatregel bij gradiënttype 2.

Aandachtspunten

- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna is het in de meeste gevallen gewenst om een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats en elementen of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn open zand, bloemrijke droge en vochtige vegetaties en bosranden. Het verdient aanbeveling om herstelmaatregelen in deze verschillende habitats dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstellende habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.
- Wanneer in een gevarieerd landschap een hoge soortenrijkdom behouden of versterkt moet blijven (D1 of D2) dan is het (met enige regelmaat) uitvoeren van kleinschalige maatregelen (plaggen, kappen van bos of struweel) aan te raden boven grootschalige maatregelen. Indien het landschap op grote schaal is verruigd en er geen soorten zijn die behouden moeten blijven, kunnen grootschalige maatregelen worden uitgevoerd.

Voorbeelden

Belangrijke Natura 2000-gebieden voor dit gradiënttype zijn: Borkeld, Havelte-Oost, Landgoederen Oldenzaal, Sallandse Heuvelrug, Sint Jansberg, Springendal & Dal van de Mosbeek,

Vecht- en Beneden-Reggegebied (Lemelerberg) en Veluwe. Zie Bijlage 1 voor een compleet overzicht.

Voorbeelden van herstelmaatregelen:

- Ontwikkeling van oude droge heide met dikke humusprofielen: Nationaal Park Veluwezoom (Bijlsma et al. 2009a), Rozendaalse Veld
- Structuurmaatregelen markenbossen, vrijstellen van exoten, aansluiten op heide: Ugchelse bos, Wilde kamp bij Garderen (Den Ouden et al. 2007)
- Prunus-bestrijding: Leuvenumse bos (vanaf 2012)
- Aankoppelen extensieve landbouw aan heideareaal: Strabrechtse heide (Vogels & Smits 2009)
- Vrijstellen leemkuilen: Kroondomein Het Loo

Literatuur

- Baaijens, G.J., E. Brinckmann, P.L. Dauvellier & P.C. van der Molen 2011. Stromend landschap. Vloeiweidenstelsels in Nederland. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Barkman, J.J. & Ph. Stoutjesdijk 1987. Microklimaat, vegetatie en fauna. Pudoc, Wageningen.
- Bijlsma, R.J. 2002. Bosrelicten op de Veluwe; een historisch-ecologische beschrijving. Alterra-rapport 647, Wageningen.
- Bijlsma, R.J., R.W. de Waal & E. Verkaik 2009a. Natuurkwaliteit dankzij extensief beheer. Nieuwe mogelijkheden voor beheer gericht op een veerkrachtig bos- en heidelandschap. Alterra-rapport 1902, Wageningen.
- Bijlsma, R.J., R. de Waal, P. Hommel & H. Diemont 2009b. Heide met een dikke H: een miskend onderdeel van een veerkrachtig heidelandschap. Vakblad Natuur Bos Landschap 6(2): 2-5.
- Bijlsma, R.J., J. den Ouden & H.N. Siebel 2009c. Oude eikenbossen: nieuwe inzichten en kansen voor het beheer. De Levende Natuur 110(2): 77-82.
- Bijlsma, R.J., J. Vogels, H.N. Siebel, A. van den Burg & R.W. de Waal 2012. Van heidegebruik naar beheer. Nieuwe inzichten voor het herstel van droge heide. Vakblad Natuur Bos Landschap 6 (9): 14-17.
- Bouwer, K. 2008. Voor profijt en genoeg. De geschiedenis van bos en landschap van de Zuidwest-Veluwe. Matrijs, Utrecht.
- Den Ouden, J., R.J. Bijlsma & R. Haveman 2007. Historisch landgebruik op de Wilde Kamp., Onderbouwing van een plan tot inrichting van de Wilde Kamp op basis van historisch landgebruik. Advies/VAK-rapport 2007 nr. 005. Geldersch Landschap en Geldersche Kasteelen, Arnhem.
- Den Ouden, J., P. Copini & U. Sass-Klaassen 2009. Een nieuwe kijk op oude eiken. De Levende Natuur 110 (2), 83-87.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A., R.J. Bijlsma, J. den Ouden, C.A. van den Berg, A.J. Griffioen, I.T.M. Jorritsma, R. Kluiver, K. Kramer, A.T. Kuiters, D.R. Lammertsma, H.H.T. Prins, G.J. Spek & S.E. van Wieren 2004. De relatie tussen bosontwikkeling op de Zuidoost Veluwe en de aantallen edelherten, damherten, reeën, wilde zwijnen, runderen en paarden. Onderzoek naar de realisatiemogelijkheden van beheerdoelstellingen. Alterra, Wageningen; 129p.
- Hommel, P.W.F.M., W.H. Diemont & R.W. de Waal 2009. Bodemtype bepaalt effectiviteit plagbeheer in droge heidegebieden. Stratiotes 38: 5-17.
- Kuiters, A.T., P.A. Slim & A.F.M. van Hees 1997. Spontane bosverjonging en hoefdieren. In S.E. van Wieren, G.W.T.A. Groot bruinderink, I.T.M. Jorritsma & A.T. Kuiters (red.), Hoefdieren in het boslandschap. Backhuys Publishers, Leiden; pp. 99-129.

- Menke, H., H. Renes, G. Smid & P. Stork 2007. Veluwe beken en sprengen. Een uniek landschap. Matrijs, Utrecht.
- Reemer, M. & P.H. van Hoof 2005. Beschermingsplan zadelsprinkhaan en kleine wrattenbijter in Gelderland. EIS-Nederland, Leiden & Bureau Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Reemer, M., & Krekels, R.F.M. 2008. Beschermingsplan blauwvleugelsprinkhaan in Gelderland. EIS-Nederland en Bureau Natuurbalans–Limes Divergens, Leiden – Nijmegen.
- Siebel, H.N. & R.J. Bijlsma 2007. Europese verspreiding en status van Nederlandse mossen. *Buxbaumiella* 77: 22–48.
- Siepel, H., H. Siebel, T. Verstrael, A. van den Burg & J. Vogels 2009. Herstel van lange termijn effecten van verzuring en vermessing in het droog zandlandschap. *De Levende Natuur* 110 (3): 124–129.
- Smit, J.T., & Hendriks, P. 2005. Broedstoven voor vliegende herten. *Natura* 2, 44–46.
- Touw, A. 1969. On some liverwort communities in Dutch inland dunes and heaths. *Revue Bryologique et Lichénologique* 36: 603–615.
- Van den Bos, H. 2004. Naar het bos van morgen. Beheer van multifunctioneel bos. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Van Manen, W., van Diermen J., van Rijn S. & van Geneijgen P. 2011. Ecologie van de Wespindief *Pernis apivorus* op de Veluwe in 2008–2010, populatie, broedbiologie, habitat gebruik en voedsel. *Natura 2000 rapport*, Provincie Gelderland Arnhem NL/Stichting Boomtop www.boomtop.org Assen
- Vogels, J.J., & J. Smits 2009. Casus; Faunagericht beheer op de Strabrechtse Heide. *De Levende Natuur* 110 (3): 130–133.
- Vogels, J.J., A. van den Burg, E. Remke & H. Siepel. 2011. Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van faunagemeenschappen van heideterreinen – Evaluatie en ontwerp van bestaande en nieuwe herstelmaatregelen (2006–2010). *Rapport 2011/OBN152-DZ*, Den Haag.
- Vonk, M., C.C. Vos, D.C.J. van der Hoek 2010. Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur. PBL, Den Haag.

Gradiënttype 4: Dekzandlandschap

Beknopte beschrijving

Geomorfologie en ruimtelijke schaal

Dit landschap kenmerkt zich door een afwisseling van vlakke dekzandruggen en laagtes, met een gering reliëf (enkele meters) en zeer homogeen substraat, d.w.z. qua textuur en mineralogie uiterst homogeen dekzand. Het meestal dikke pakket jong dekzand ligt op veel plekken op lemiger en mineralogisch rijker oud dekzand. De differentiatie in bodem en standplaats binnen dit landschap hangt direct samen met de landgebruiksgeschiedenis die uiteindelijk heeft geleid tot een sterke gradiënt in nutriëntstatus en P-beschikbaarheid binnen een van oorsprong zeer homogeen landschap.

De ontginning is begonnen op de grotere plateaus (bewoning en essen) van waaruit in de loop van de tijd eerste de grotere, later de kleine dekzandruggen zijn bevolkt en ook de tussenliggende laagtes zijn ontgonnen tot hooi- en weiland, dit alles omgeven door 'woeste grond'. Waarschijnlijk was dit de situatie in de Volle Middeleeuwen (Van Beek 2009). De beperkte ruimte voor bewoning op de dekzandplateaus verklaart een opvallend verschil met het stuwwallandschap en grondmorene- en terrassenlandschap: de schaarste aan oude bossen. Er is nog een andere oorzaak. Een flink deel van de uitgestrekte vochtige heiden en schraallanden die tot in de 19de eeuw in het dekzandlandschap lagen, is ontstaan door de ontginning van hoogveen (Van Beek 2009). Op hun beurt zijn deze vochtige heiden uiteindelijk ontgonnen tot grasland of productiebos. Voor zover de heide nog resteert, gaat het vaak om verdroogde en vergraste heide. Door diepe grondbewerking en egalisatie is het oorspronkelijke dekzandreliëf goeddeels verloren gegaan. Deze ontwikkelingen hebben geleid tot sterk cultuurhistorisch bepaalde gradiënten in bodemvruchtbaarheid en vochttoestand, die de structuur van het dekzandlandschap bepalen.

Tot de komst van kunstmest aan het begin van de 20ste eeuw was de landbouwkundige exploitatie van de zandgronden gebaseerd op 'uitmijning' van de op enige afstand van de dorpen gelegen woeste gronden en (schraal)graslanden via begrazing en, in latere instantie, plaggen. De bemesting van de dorpsakkers (es, enk of eng) met plaggen, verrijkt met de 'gewonnen' mest, leidde tot de vorming van plaggenbodems, gekenmerkt door een aanzienlijk hogere chemische bodemvruchtbaarheid (vooral P) en betere bodemfysische eigenschappen. De dikste plaggenbodems liggen in de vanouds dichtst bevolkte regio: de zuidelijke Nederlanden. Hier vond de omslag van de organische strooisellandbouw naar de minerale plaggenbemesting plaats in de 14de-15de eeuw. In het dunner bevolkte Midden- en Noord-Nederland vond de omslag plaats in de 15de-17de resp. 16de-18de eeuw (Spek 2004). De uitmijning versterkte de van nature al optredende verzuring en verarming van de bodem, en bevorderde de podzolering. Vooral in de droogtegevoelige delen van het buitengebied leidde deze ook, in combinatie met te intensief gebruik (begrazing, plaggen etc.), tot ernstige landdegradatie in de vorm van meer of minder grootschalige zandverstuivingen (zie Stuifzandlandschappen).

Als landschap onderscheiden en op die schaal beheerd, omvatten droge dekzandlandschappen de verschillende karakteristieke elementen van het oorspronkelijke cultuurlandschap, te weten enken en bijbehorende kleinere landschapselementen (zoals houtwallen), en heidevelden met restanten bos en eikenhakhout. Veruit het grootste deel van het dekzandlandschap is intensief in cultuur gebracht wat de opties voor herstel beperkt. Betreft het geïsoleerde restanten van oorspronkelijk grote complexen, dan is beheer op landschapsschaal problematisch of onmogelijk.

Bodem en waterhuishouding

De bodems van het dekzandlandschap variëren van rijke enkeerdgronden van de voormalige akkercomplexen, tot sterk verarmde en verzuurde humuspodzolen in langdurig geplagde en gemaaide heidegebieden. In het laatste geval is de nutriëntenstatus en P-beschikbaarheid zeer laag. Intermediaire bodems komen voor in minder intensief uitgemijnde gebieden met moderpodzolen en lemige dekzanden (bossen, hakhout en dorpsrandzone).

Het dekzandlandschap bestaat uit een afwisseling van droge ruggen en plateaus (met humuspodzolen of moderpodzolen) en vochtige tot natte laagtes (beekeerdgronden, moerige gronden en veengronden) in een verder vlak of zwakgolvend terrein. In het dekzandlandschap wordt de waterhuishouding bepaald door zowel lokale als regionale kwelstromen. Hierin ligt een belangrijk verschil met het grondmorene- en terrassenlandschap (zie gradiënttype 2).

Wat betreft de vochttoestand is sprake van een sterke vervlakking van de oorspronkelijke gradiënt als gevolg van verdroging waardoor eerder in het Nat zandlandschap gevormde hydropodzolengronden nu 'droog' zijn (met een GHG dieper dan 80 cm). De grondwaterstand is dermate verlaagd dat thans kan worden gesproken van een overwegend 'droog zandlandschap'. Ook lokale stagnatie, veroorzaakt door stagnerende podzolhorizonten, veelal in combinatie met lichte overstuivingen, zijn vaak door vergraving of begreppeling verdwenen. Voor wat betreft de bodemvruchtbaarheid is juist sprake van een versterkte gradiënt.

Vegetatiegradiënt

De karakteristieke vegetatiegradiënt loopt van het droog dekzandplateau met bewoning, enken en relicten Beuken-eikenbossen met hulst (H9120) via droge heide met lokale verstuingen (H4030, H2310) en heischraalgrasland (H6230) in de randen van de ontginningen naar de ooit uitgestrekte vochtige heide (H4010A) met natte laagtes (zie Figuur 4). Deze gradiënt was tot in de 19de eeuw het uitgangspunt voor verschillende vormen van landgebruik vanuit meer of minder productieve vormen van akkerbouw rond de nederzettingen (Kappert & Bijlsma 2012). Hiervan zijn goede contemporaine beschrijvingen, bijv. voor de Gelderse Vallei van Hartog (1866).

Fauna

De diergemeenschap van het Dekzandlandschap overlapt sterk met die van het Stuwallandschap en het Grondmorene- en terrassenlandschap, en in mindere mate het Stuifzandlandschap. In het verleden, toen er nog sprake was van kleinschalige ingrepen door de mens kende het Dekzandlandschap een grote landschappelijke variatie en hierdoor een rijke diergemeenschap. Deze landschappelijke variatie en soortenrijkdom zijn in de laatste decennia drastisch achteruit gegaan. Door de combinatie van verhoogde stikstofdepositie en veelvuldig plaggen is de (variatie in) bodemkwaliteit zelfs nog verder afgenomen, wat zich vertaalt in een verminderde diversiteit van de fauna (Vogels et al. 2011). De belangrijkste mozaïekstructuren van habitats voor de fauna betreffen combinaties van oude bossen met droge heide, stuifzandheide en natte heide. In sommige terreinen komt daar nog een overgang met heischraal grasland bij. Deze mozaïekstructuren zijn vaak grofkorrelig (V1b), maar soms fijnkorrelig (V1a). Op macro- tot megaschaal zijn ook overgangen naar andere landschappen van belang, zoals beekdalen en nat zandlandschap, met name natte heideterreinen. In terreinen met een kleinschalige variatie in bodemreliëf (met name bij terrassen) vormen droog en nat zandlandschap een fijnkorrelige mozaïekstructuur (V1a) (zie ook beschrijving van vegetatiegradiënt).

Voorbeelden van soorten die gebonden zijn aan open droge heideterreinen zijn Kommavlinder en Heivlinder, waarbij de laatste soort ook solitaire bomen en bosranden gebruikt om te overnachten en voor thermoregulatie. De Zandhagedis bewoont droge heideterreinen met een grote interne heterogeniteit (V6), waarin zowel open als gesloten vegetatie voorkomt (opwarmen, foerageren en schuilen), als open zand voor de eiafzet.

Een soort die juist gebonden is aan bossen is de Kleine Ijsvogelvlinder, op vochtige bodems waarin kamperfoelie groeit als waardplant voor de rupsen. Voor deze soort geldt dat bosranden, brede paden en open plekken veelvuldig worden gebruikt (o.a. [Veling et al. 2004](#)).

Soorten die gebonden zijn aan de combinatie van gesloten bos, bosranden en open (heide)vegetaties zijn o.a. Nachtzwaluw, Draaihals en Wespandief, waarbij de laatste ook in de broedtijd een dermate groot ruimtegebruik heeft dat andere landschappen tot tientallen kilometers in de omtrek worden gebruikt ([Van Manen et al. 2011](#)).

Veel diersoorten hebben vroeger sterk geprofiteerd van het kleinschalig (agrarisch) gebruik. Dit gebruik zorgde door het telkens plaatselijk terugzetten van de successie (verstoring) voor het behoud van variatie van verschillende habitats (V1), scherpe en geleidelijke overgangen hiertussen (V4 en V5), vaak resulterend in mantel en zoomvegetaties (V3). Daarnaast resulteerde het gebruik in aanvullende elementen (V2), zoals houten weipaaltjes, open zandige plekken na plaggen of branden en een verhoging van het voedselaanbod door plaatselijke bemesting en begrazing. Dit resulteerde in dichtheden van soorten als Korhoen en Grauwe Klauwier die veel hoger waren dan onder de natuurlijke omstandigheden. Zowel door het staken van kleinschalig gebruik in natuurgebieden als het intensiveren van het gebruik buiten natuurgebieden, in combinatie met verzuring en vermessing, heeft gezorgd voor een sterke afname van de landschappelijke variatie en het (vrijwel) verdwijnen van vernoemde soorten.

Sturende processen

Primair sturend proces in dit landschap is de vanaf het Vroeg-Holoceen van nature optredende sterke uitspoeling. Deze wordt bepaald door de goede doorlatendheid en relatief geringe zuurbuffercapaciteit van de zandige bodem, en gaat gepaard met bodemverzuring en -verarming. De expressie van dit proces hangt echter sterk af van de dekzandsamenstelling (mineralogie en lemigheid), die regionaal sterk uiteenloopt, en van de landgebruiksgeschiedenis (zie hierboven). In droge zandgronden met minder dan 8–12% leem treedt altijd podzolering op ongeacht de begroeiing ([Spek 2004](#)), waarbij deze podzolering meer uitgesproken is in de mineralogisch armere noordelijke dekzanden, dan in de zuidelijke met meer Rijn/Maas-materiaal. Bij toenemend leemgehalte – bijv. de lemige dekzanden van Zuid-Nederland – ontwikkelt zich een verwerings-B horizont met soms een banden-Bt en neemt de podzolering af (moderpodzolgrond). Droge zandbodems met meer dan 20–25% leem podzoleren nauwelijks, ook niet onder heide ([Spek 2004](#)). In het tussentraject is podzolering sterk afhankelijk van de begroeiing: onder open vegetaties kunnen moderpodzolgronden degraderen tot secundaire humuspodzolgronden. De betekenis van verschillen in moeder materiaal in relatie tot podzolering voor heideontwikkeling en -beheer wordt toegelicht onder het Stuwvallandschap (Vegetatiegradiënt). De wisselvochtigheid van veldpodzolgronden (ontstaan in het Nat zandlandschap) heeft in combinatie met latere verdroging geresulteerd in voedselarme en verzuurde bodems die nu tot het Droog zandlandschap moeten worden gerekend (zie Grondmorene- en terrassenlandschap: Bodem en waterhuishouding).

Regionale verschillen in klimaat bepalen mede verschillen in productiviteit van de uitgesproken atlantische droge heide. Deze is lager in regio's met een kleiner neerslagoverschot (Oost-Brabant: 200–250 mm, Veluwe en Drenthe: 300–350 mm per jaar) (Diermont & Oude Voshaar 1994). Het geheel levert een ingewikkeld patroon op met door substraat, drainage, gebruiksgeschiedenis en klimaat bepaalde bodem-, humus- en vegetatiekenmerken.

Knelpunten

Naast een verslechterde waterhuishouding die maatregelen vraagt op regionale schaal (zie Nat zandlandschap en Beekdalen) geldende volgende knelpunten ten aanzien van gradiënten:

- De in natuurgebieden resterende heidearealen waren en zijn de minst productieve delen van het oude dekzandlandschap. Door verdroging, verzuring en plaggen in het nabije verleden zijn de bodems nog verder verarmd waardoor de gradiënt van droge naar vochtige heide in zijn geheel naar de droge, zure en voedselarme kant is verschoven. Hierdoor is het mozaïek van heidetypen en heischrale vegetaties verdwenen of sterk verarmd. Voor de entomofauna betekent dit een sterke vermindering van de voedselkwaliteit, met name ten aanzien van fosfaat.
- De historische productiviteitsgradiënt van ontginning naar woeste grond was niet alleen in de stuwwalflanken maar ook in het dekzandgebied tegelijkertijd een gradiënt in intensiteit van landgebruik waardoor aanzienlijke oppervlakten zeer extensief – alleen als graasgebied – werden gebruikt. In lang niet-geplagde droge heide op humuspodzolen in leemarme dekzanden ontstaan na ca. 50 jaar humusprofielen met een H-laag die de vochtbeschikbaarheid sterk verhoogt, mineralen vastlegt en een overdaad aan stikstof immobiliseert. Dit tegen droogte gebufferde type oude heide is nu afwezig in de intensief gebruikte en nadien veelal geplagde droge heide van het dekzandlandschap.

De historische productiviteitsgradiënt vanuit de ontginning eindigde in de laagste terreindelen (dekzandlaagtes, beekdalen) met natte graslanden, struwelen en broekbos op lemige bodem. Deze laagtes zijn grotendeels alsnog ontgonnen tot agrarisch grasland en productiebos en tegelijkertijd veelal verdroogd. De gradiënt is hierdoor sterk ingekort; de mineralenrijkdom en relatief goede vochtvoorziening in de laagtes is niet meer beschikbaar voor soorten van natuurlijker vegetaties. Dit knelpunt verkleint het leefgebied en de uitwijkmogelijkheden van soorten in de hoger gelegen delen van de gradiënt sterk.

Maatregelen

- De meeste heides in het dekzandlandschap sluiten niet meer aan op het historische landbouwareaal. Waar dit wel het geval is en verlaten landbouwgrond beschikbaar, kan dit worden aangekoppeld door integrale begrazing. In het geval van een zeer sterk verrijkte bouwvoor (langdurige maisbouw) zal het bovenste deel van de bouwvoor moeten worden verwijderd en afgevoerd. Door deze aankoppeling zal de productiviteit (ten aanzien van mineralen en P) van het landschap als geheel worden vergroot. In hoeverre de productiviteit uiteindelijk door begrazing ook zal toenemen in de sterk verschaalde delen van het landschap is nog goeddeels een open vraag (zie echter Bokdam 2003). Naast voedsel voor grote grazers levert de voormalige landbouwgrond ook bloemplanten (nectar) en (alternatieve) waardplanten voor de entomofauna. In het heideterrein zelf kunnen verlaten kampjes, wildweides e.d. weer incidenteel als extensieve landbouwgrond in gebruik worden

genomen (met perioden van braak) waarbij met stalmest de P-beschikbaarheid kan worden vergroot tot een niveau dat overeenkomt met heischraal grasland.

- Aan het andere uiteinde van de productiviteitsgradiënt kan de minst productieve droge heide op haarpodzolgrond in de hoog gelegen terreindelen worden gereserveerd voor een langdurige spontane ontwikkeling waarbij niet meer wordt geplagd en gemaaid en zich 'vochtige Droge heide' ontwikkelt. De maatregel is hier: niet plaggen, chopperen of maaien. Begrazing is gunstig doordat heidetakken over een grotere lengte vitaal blijven en makkelijker afleggers vormen na aftakeling waardoor de heide goed regeneraert (Bijlsma et al. 2009a). Droge heide in mozaïek met stuifplekken is ook gunstig als uitgangssituatie: afleggers worden gevormd door lichte overstuiving van uiteenvallende struikheipollen.
- Graslanden in dekzandlaagtes grenzend aan heidecomplexen kunnen door natuurontwikkeling worden aangekoppeld door de grasmat te verwijderen en tegelijkertijd natuurlijke verschillen in reliëf te versterken of te herstellen. De relatief hoog gelegen dekzandruggen moeten hierbij worden gespaard om lokale kwel maximaal veilig te stellen (De Waal et al. 2011). Ook in situaties waarbij de waterhuishouding niet optimaal kan worden hersteld, zijn deze maatregelen gunstig voor de ontwikkeling van rijke heischrale graslanden (op de hoge leemarme delen droog struisgrasland, Lg09) en overgangen naar rijke droge en vochtige heide waarbij kan worden geprofiteerd van zaad- en diasporbanken. Een combinatie van maaibeheer en begrazing moet vervolgens voorkomen dat de terreinen sterk dichtgroeien met houtige soorten. Aangrenzend Grovedennenbos en andersoortig naaldbos (vaak ook Lariks) kan worden geveld om verdamping en opslag te verminderen.

Aandachtspunten

- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna is het in de meeste gevallen gewenst om een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats en elementen of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn open zand, bloemrijke droge en vochtige vegetaties en bosranden. Het verdient aanbeveling om herstelmaatregelen in deze habitats dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstelde habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.
- Wanneer in een gevarieerd landschap een hoge soortenrijkdom behouden of versterkt moet worden (D1 of D2) dan is het (met enige regelmaat) uitvoeren van kleinschalige maatregelen (plaggen, kappen van bos of struweel) aan te raden boven grootschalige maatregelen. Indien het landschap op grote schaal is verruigd en er geen soorten zijn die behouden moeten blijven, kunnen grootschaliger maatregelen worden uitgevoerd.
- Hoewel de abiotiek in de dekzandlaagtes zelden geheel kan worden hersteld, is natuurontwikkeling op verdroogde, lemige bodems altijd zinvoller dan op hoger gelegen en verschraalde heideterreinen. De ervaring leert verder dat hier nog onverwacht rijke diasporbanken aanwezig zijn en de ontwikkeling naar heischrale vegetaties (H6230) snel verloopt.

Voorbeelden

Belangrijke Natura 2000-gebieden voor dit gradiënttype zijn: Bakkeveense duinen, Bekendelle, Boschhuizerbergen, Drents-Friese Wold, Havelte-Oost, Loonse- en Drunense Duinen &

Leemkuilen, Mantingerzand, Sallandse Heuvelrug, Vecht- en Beneden-Reggegebied, Weerter- en Budelerbergen & Ringselven. zie Bijlage 1 voor een compleet overzicht.

Voorbeelden van herstelmaatregelen

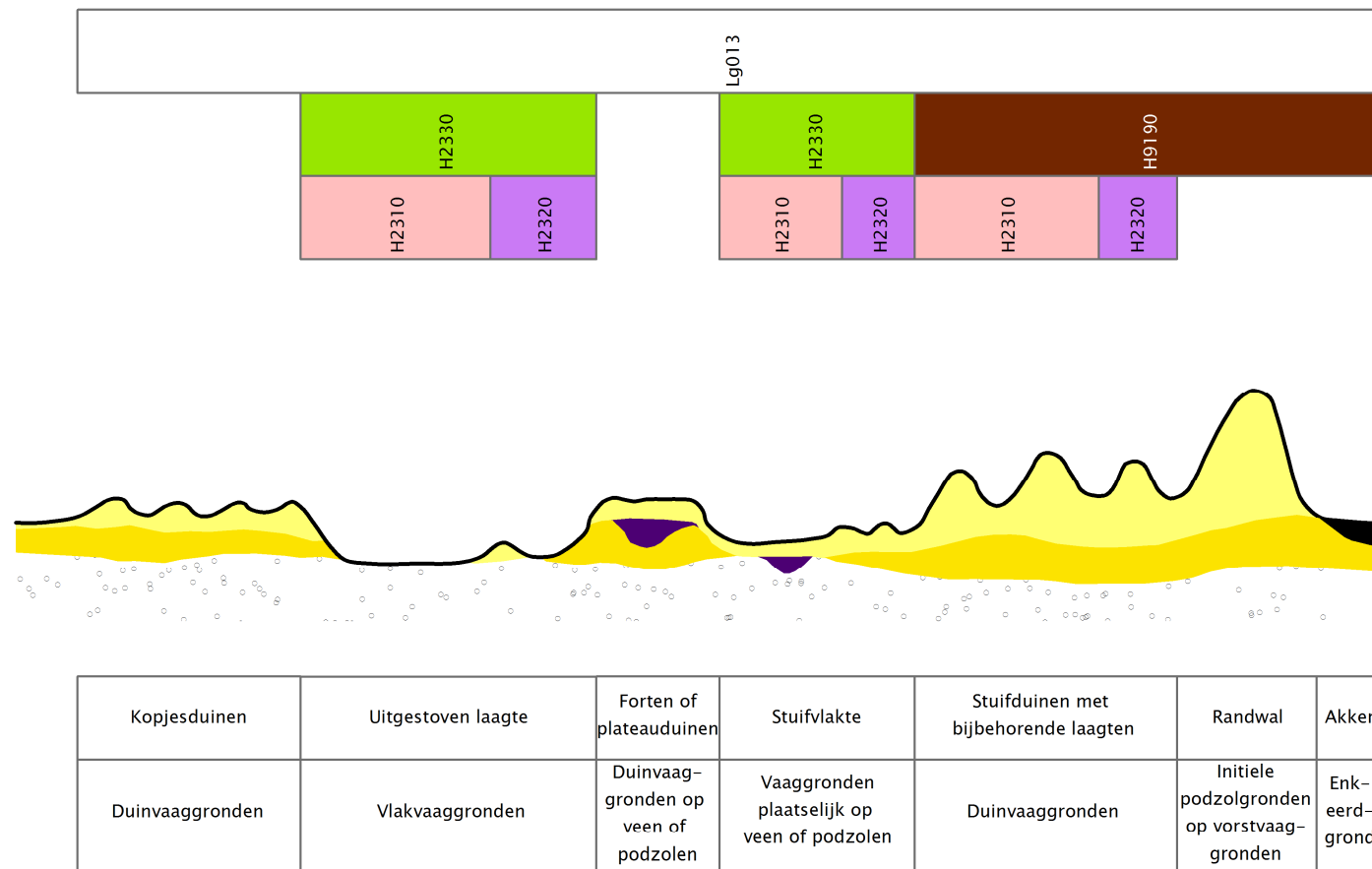
- Droge heiden en droge heischrale graslanden: Jansen et al. 2010; Westerse veld (Rolde; Jansen & Langeveld 2006); Grootte Heide (Heeze-Leende; Langeveld & Jansen 2007)
- Aankoppeling van extensieve landbouw: Strabrechtse Heide (Vogels & Smit 2009, Vogels et al. 2011)
- Aankoppeling van graslanden en ontwikkeling van heischraal grasland: Grote veld/Hackfort, Leusveld, Voorst/Tonden.

Literatuur

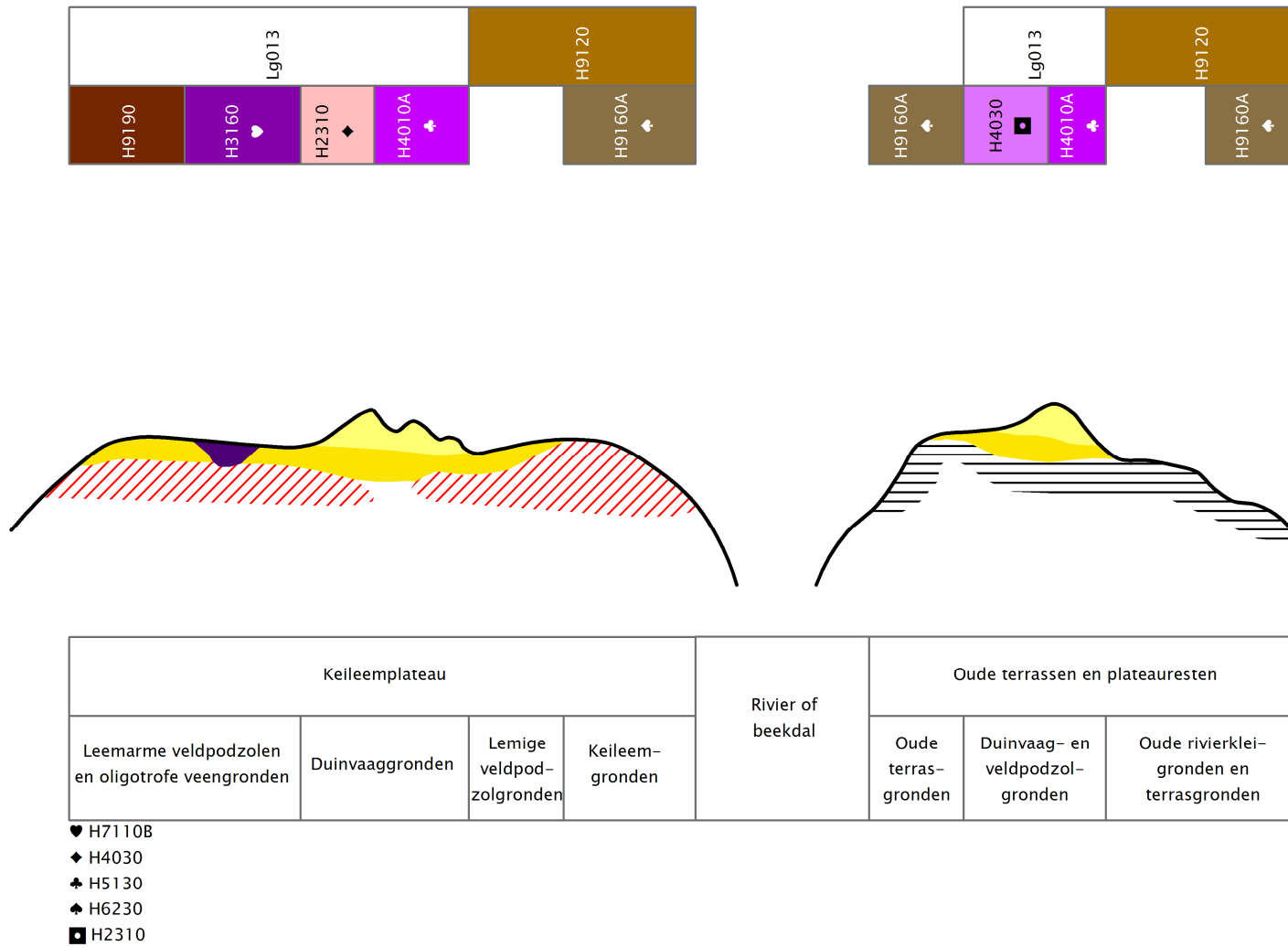
- Bijlsma, R.J., R.W. de Waal & E. Verkaik 2009a. Natuurkwaliteit dankzij extensief beheer. Alterra-rapport 1902. Alterra, Wageningen.
- Bokdam, J. 2003. Nature conservation and grazing management. Free-ranging cattle as a driving force for cyclic vegetation succession. Ph.D.thesis, Wageningen Universiteit.
- De Waal, R.W., P.C. Jansen, S.P.J. van Delft & P. Bolthuis 2011. Herstelplan Tondense heide. Alterra-rapport 2248, Wageningen.
- Diemont, W.H. & J.H. Oude Voshaar 1994. Effects of climate and management on the productivity of Dutch heathlands. *Journal of Applied Ecology* 31: 709-716.
- Hartog, H.M. 1866. Landhuiskundige beschrijving der Geldersche Vallei, gelegen in de provinciën Gelderland en Utrecht. Heruitgave in G.H. Kocks & J.M.G. van der Poel, Landbouwkundige beschrijvingen uit de negentiende eeuw 1981. Vereniging voor Landbouwgeschiedenis, Wageningen.
- Jansen, A.J.M. & N. Langeveld 2006. EGM beleidsmonitoring 2004, p.66. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Jansen, A.J.M., R.M. Bekker, R. Bobbink, J.H. Bouwman, R. Loeb, G.A. van Duinen, M.F. Wallis de Vries 2010. De effectiviteit van de regeling Effectgerichte Maatregelen (EGM) voor Rode-Lijstsoorten; de tweede Rode Lijst met Groene Stip voor vaatplanten en enkele diergroepen in Nederland. Rapport. Unie van Bosgroepen, Ede.
- Kappert, O.A. & R.J. Bijlsma 2012. Een historische basis voor moderne herstelstrategieën in het heidelandschap. In J.H.J. Schaminée & J.A.M. Janssen (red.), *Geboeid door het verleden*. KNNV Uitgeverij, Zeist; hoofdstuk 4.
- Langeveld, N. & A.J.M. Jansen 2006. EGM beleidsmonitoring 2005, p.40-41. Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.
- Spek, T. 2004. Het Drentse esdorpenlandschap. Een historisch-geografische studie. Matrijs, Utrecht.
- Van Beek, R. 2009. Reliëf in tijd en ruimte. Interdisciplinair onderzoek naar bewoning en landschap van Oost-Nederland tussen vroege prehistorie en middeleeuwen. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Van Manen, W., van Diermen J., van Rijn S. & van Geneijgen P. 2011. Ecologie van de Wespandief *Pernis apivorus* op de Veluwe in 2008-2010, populatie, broedbiologie, habitat gebruik en voedsel. Natura 2000 rapport, Provincie Gelderland Arnhem NL/Stichting Boomtop www.boomtop.org Assen
- Veling, K., J. Smit & V. Siebering 2004. Bosrandbeheer voor vlinders en andere ongewervelden. KNNV Uitgeverij.

Vogels, J.J., A. van den Burg, E. Remke & H. Siepel 2011. Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van faunagemeenschappen van heideterreinen – Evaluatie en ontwerp van bestaande en nieuwe herstelmaatregelen (2006–2010). Rapport 2011/OBN152–DZ, Den Haag.

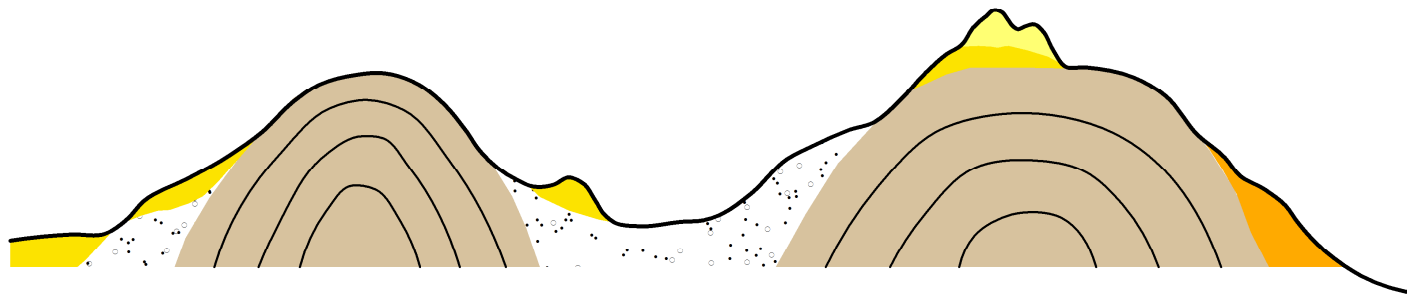
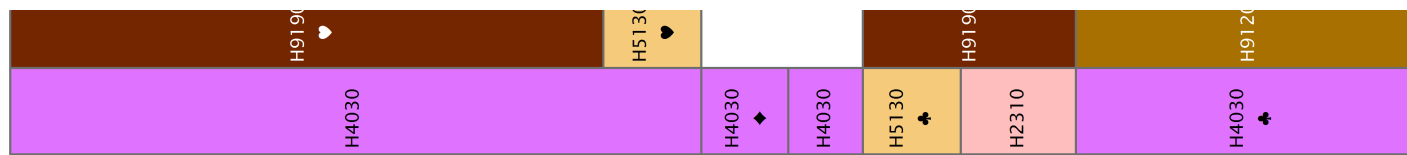
Vogels, J.J. & J. Smits 2009. Faunagericht beheer op de Strabrechtse Heide. De Levende Natuur 110 (3): 130–133.



Figuur 1: Gradiënttype 1, Stuifzandlandschap. Legenda in Figuur 5.



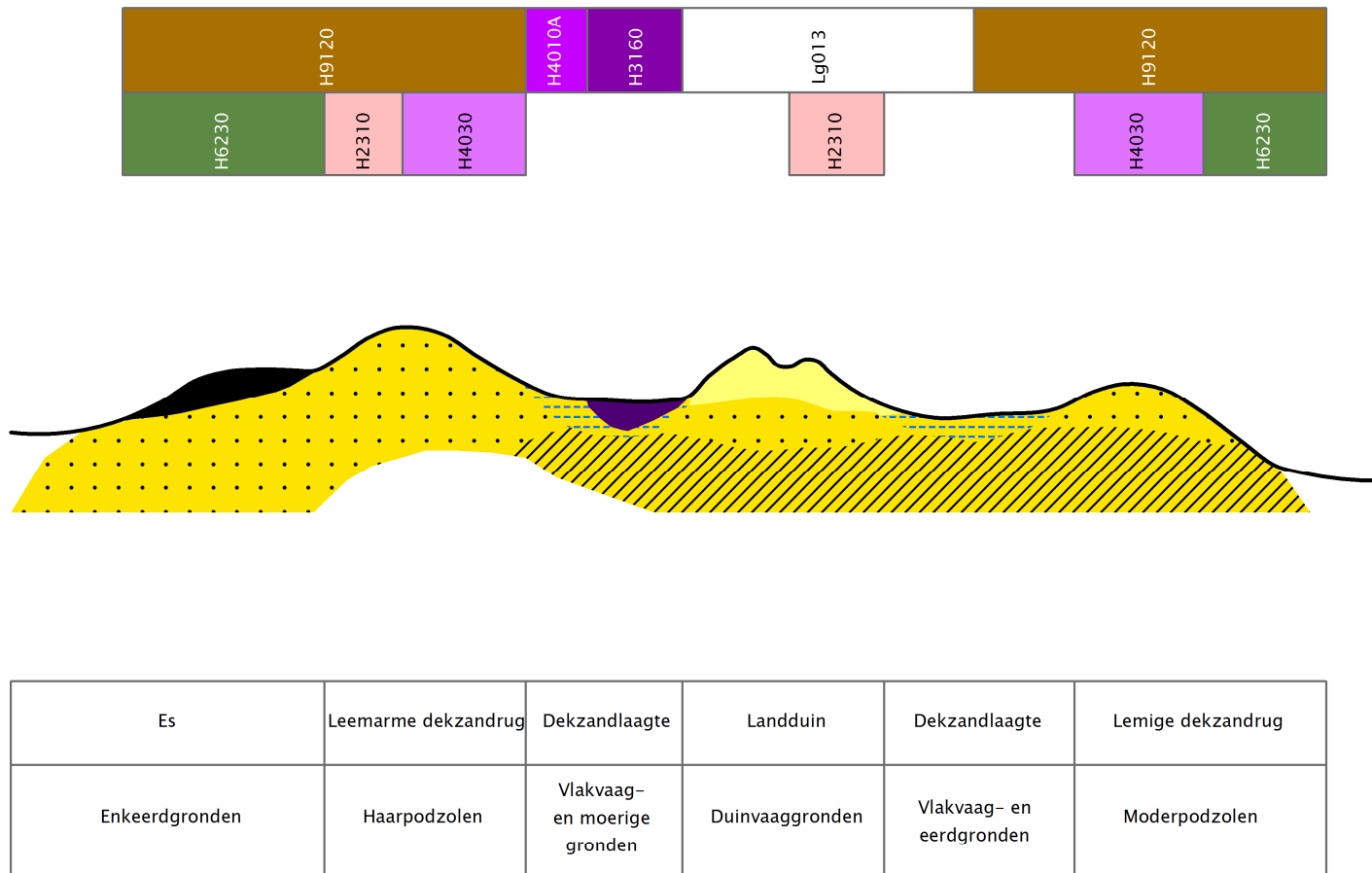
Figuur 2: gradiënttype 2, Grondmorene- en terrassenlandschap. Legenda in Figuur 5.



Leemarme stuwwal	Droogdal met dekzandruggen, smeltwaterwaaiers en terrassen	Lemige stuwwal		
Humuspodzolen en gedegradeerde moderpodzolen	Humus podzolen	Duinvaaggronden	Moder-podzolen	Zandige lössgronden (ooivaaggronden)

- ♥ Lg013
- ♦ H4010A
- ♣ H6230

Figuur 3: Stuwwallandschap. Legenda in Figuur 5.



Figuur 4: Dekzandlandschap. Legenda in Figuur 5.

Legenda Droog zandlandschap

	H2310	Stuifzandheiden met struikhei	
	H2320	Binnenlandse kraaiheibegroeiing	
	H2330	Zandverstuiving	
	H3160	Zure vennen	
	H4010A	Vochtige heiden (hogere zandgronden)	
	H4030	Droge heiden	
	H5130	Jeneverbessenstruwelen	
	H6230	Heischrale graslanden	
	H7110B	Actieve hoogvenen (heideveentjes)	
	H9120	Beuken-eikenbossen met hulst	
	H9160A	Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden)	
	H9190	Oude eikenbossen	
		Maaiveld	
		Stuifzand	
		Dekzand	
		Jong dekzand	
		Verspoeld dekzand	
		Oud dekzand	
		Veen	
		Fluvioglaciale afzetting/ oude terrasafzettingen	
		Keileem of potklei	
		Oude terraslemen	
		Smeltwater en puinwaaier afzetting	
		Gestuwd preglaciaal	
		Zandig löss	
		Enkeerd	

Lg013 Bos van arme zandgronden

Figuur 5: legenda Droog Zandlandschap.

Bijlage 1. Het droog zandlandschap in Natura 2000-gebieden.

Toekenning van Natura 2000-gebieden aan landschappen (voor gebieden met droog zandlandschap) en voorkomen van gradiënttypen van het droog zandlandschap.

Landschappen: bd=beekdal, dz=droog zand, nz=nat zand, ri=rivieren; geordend naar oppervlakte-aandeel.

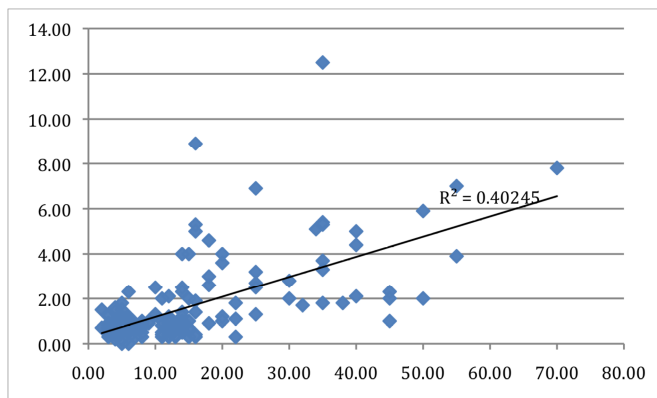
Gradiënttypen droog zandlandschap: X belangrijk aandeel; x ondergeschikt aandeel; (X) en (x) stuifzand (ook) voorkomend buiten gradiënttype stuifzandlandschappen.

Natura 2000-gebieden	Landschappen	DZ gradiënttypen			
		stuifzand	grondmorene en terrassen	stuwwal	dekzand
Bakkeveense duinen	dz	(x)	x		X
Bekendelle	dz/bd				X
Bergvennen & Brecklenkampse Veld	nz/dz				X
Borkeld	dz/nz	(x)		X	x
Boschhuizerbergen	dz	(X)			X
Brabantse Wal	dz/nz	(X)	X		x
Brunssumerheide	dz/bd	(x)	X		
Buurserzand & Haaksbergerveen	nz/dz	(x)	x		X
Dinkelland	bd/nz/dz				X
Drents-Friese Wold	dz/nz	(X)	x		X
Drentsche Aa-gebied	bd/dz/nz	(x)	x		X
Drouwenerzand	dz/nz	(X)	X		
Dwingelderveld	nz/dz	(X)	X		
Elperstroomgebied	bd/dz		X		
Engbertsdijkvenen	nz/dz				x
Fochteloërveen	nz/dz		x		
Havelte-Oost	dz/nz	(X)		X	X
Kampina & Oisterwijkse Vennen	nz/bd/dz	(X)			X
Kempenland West	nz/dz/bd	(x)	X		X
Landgoederen Brummen	nz/dz				X
Landgoederen Oldenzaal	dz/bd/nz		x	X	
Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux	nz/dz/bd	(X)	x		X
Leudal	bd/dz		X		
Lieftinghsbroek	nz/dz				X
Lonnekermeer	nz/dz				X
Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen	dz/nz	X			X
Maasduinen	dz/nz	(X)	X		

Natura 2000-gebieden	Landschappen	DZ gradiënttypen			
		stuifzand	grondmorene en terrassen	stuwwal	dekszand
Mantingerbos	dz		X		
Mantingerzand	dz/nz	(x)	X		X
Meinweg	dz/nz/bd		X		
Norgerholt	dz		X		
Regte heide & Riels Laag	dz/bd		X		
Roerdal	bd/dz		X		
Sallandse Heuvelrug	dz/nz			X	X
Sint Jansberg	dz/nz		x	X	
Springendal & Dal van de Mosbeek	dz/bd			X	x
Stelkampsveld	bd/nz/dz				X
Strabrechtse Heide & Beuven	nz/dz	(x)			X
Swalmdal	bd/dz		X		
Ulvenhoutse bos	bd/dz		X		
Vecht- en Beneden-Reggegebied	dz/ri/nz	(X)		X	X
Veluwe	dz/nz	X(X)		X	
Weerter- en Budelerbergen & Ringselven	dz/nz	X			X
Wierdense Veld	nz/dz				X
Wijnjeterper Schar	bd/dz		X		
Willinks Weust	dz/bd		X		
Witte Veen	nz/dz		X		
Witterveld	nz/dz		X		
Zeldersche Driessen	dz/ri		X		

Bijlage 2. Moedermaterialen van het droog zandlandschap.

In een milieu dat als geheel omschreven wordt als mineralogisch arm, zijn kleine verschillen in basenhuishouding, zuurneutraliserend vermogen, nutriëntenbeschikbaarheid en vochthoudend vermogen van groot belang. Zo bevat de 'leemfractie' relatief veel verweerbare mineralen en klei, en is daarmee een belangrijke bron van nutriënten en basen. Dat geldt in het bijzonder voor fosfor, waarvan de beschikbaarheid afhankelijk is van het primaire gehalte aan fosfaathoudende mineralen en van de fosforbinding door aluminium- en ijzerverbindingen, en door klei (zie o.a. [Scheffer & Schachtschabel 2002](#)). Dit wordt geïllustreerd door fig. 1. Kortom, verschillen in leemgehalte en minerale rijkdom van 'zand' zijn ecologisch relevant en komen tot uiting in de bodem-, humus- en vegetatieontwikkeling.



Figuur 1: Verband tussen leemgehalte (%), X-as) en beschikbare P (mmol/kg P-ox, Y-as). n=202. De leemgronden met relatief lage P-ox gehalte zijn sterk verweerde, stagnerende kalkloze keileemgronden. Bron: BIS.

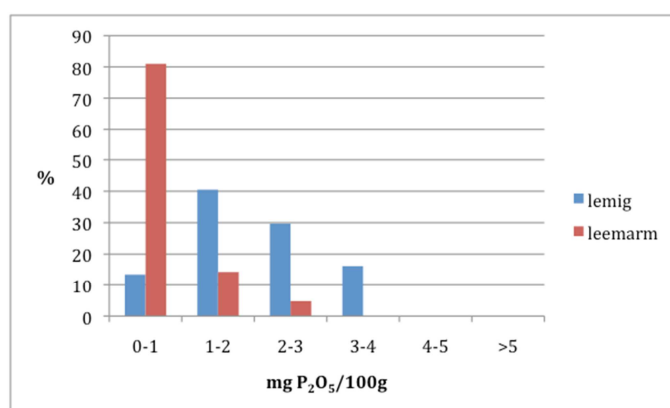
In bodemkundige kring (STIBOKA, Staring Centrum, ALTEERRA) wordt een indeling van moedermateriaal gehanteerd, die grotendeels op de textuur en genese is gebaseerd. Die omvat dekzand, stuifzand, fluvio- en periglaciaal, gestuwd preglaciaal, keileem, potklei en terraskleien. Zandige loessleem wordt niet apart onderscheiden, maar vormt een overgang tussen dekzand en loess. Verder onderscheid wordt gemaakt op basis van leemgehalte. De grens tussen leemarm en zwak lemig zand, en lemig zand ligt officieel op 15% leem. Deze grens markeert het leemgehalte waarboven in droge zandgronden moderpodzolen en waaronder humuspodzolen kunnen ontstaan (zie tabel 1). Verschillen in chemisch-mineralogische samenstelling tussen de diverse materialen en binnen de onderscheiden typen moedermaterialen zijn niet systematisch onderscheiden.

Tabel 1 Verschil in bodemvorming tussen droge lemige en leemarme fysiotopen.

moedermateriaal	n	haarpodzol	moderpodzol	overig
leemarm dekzand	29	83 %	3 %	14 %
lemig dekzand	23	17 %	70 %	13 %
leemarme stuwwallen	29	79 %	0 %	21 %
lemige stuwwallen	87	1 %	90 %	9 %

De Geochemische Bodematlas van Nederland (Mol et al. 2012) hanteert een grove indeling, waarbij echter duidelijk blijkt dat binnen de eenheid ‘zand’, globaal overeenkomend met ‘droog zandlandschap’, inderdaad een aanzienlijke variatie in relevante elementgehalten en - beschikbaarheden optreedt. Een voorbeeld hiervan vormt ‘fosfor (P) in de ondergrond’, dat varieert van 0,0112 (p25) tot 0,0240 (p75) voor P-totaal uitgedrukt als %P₂O₅. De maximum waarde is 0,337. Uit de gepresenteerde kaartbeelden is echter geen gedifferentieerd beeld (regionaal en qua type ‘zand’) af te leiden.

De enige landsdekkende bron van bodemchemische gegevens is het Bodem Informatie Systeem (BIS) van Alterra (STIBOKA, Staring Centrum). Voor bepaalde kenmerken, waaronder leemgehalte, geeft het een goed overzicht vanwege het grote aantal waarnemingen. Ook voor pH en oxaal bepaling van P, Fe en Al (een maat voor de afzonderlijke beschikbaarheid van deze elementen) zijn voor vrijwel het gehele droge zandlandschap data beschikbaar. Een voorbeeld van de gevonden relaties wordt gegeven in fig. 1. terwijl fig. 2 de relatie tussen leemklasse en P-ox gehalte laat zien.



Figuur 2. P-totaal in de bovengrond van ongestoorde lemige en leemarme moedermaterialen in het droge zandlandschap (resp. n= 37 en n=21). Bron: BIS.

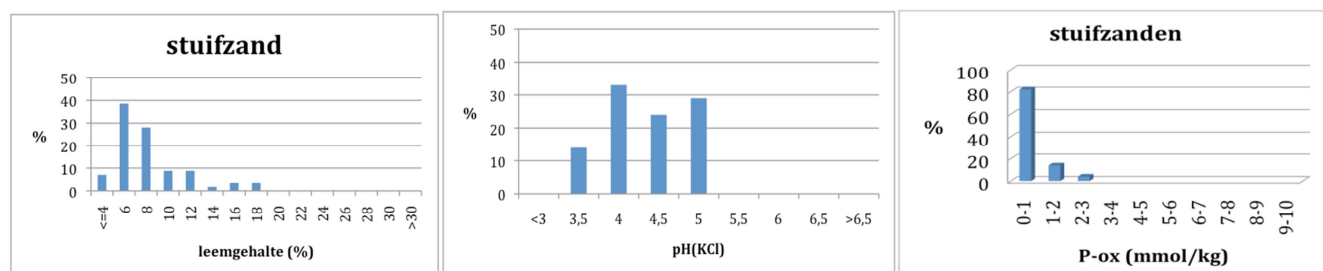
In de onderstaande beschrijving worden per hoofdtype substraat kenmerken beschreven voor lagen tussen 90 en 120 cm onder maaiveld onder droge omstandigheden (Gt's VI, VII, VIII), gebaseerd op de gegevens uit het BIS, alsook aanvullende informatie uit andere bronnen.. Overzichten worden gegeven in tabel 2.

Tabel 2. Medianen van leemgehalte, pH, P-ox en Fe-ox van de verschillende moedermaterialen in het droge zandlandschap. Bron: BIS.

	leem (%)	n	pH(KCl)	n	P-ox (mmol/kg)	n	Fe-ox (mmol/kg)	n
stuifzanden	7	79	4,1	21	0,6	24	23	17
leemarm dekzand	9	93	4,4	47	0,7	33	27	15
lemig dekzand	16	63	4,7	15	1,8	19	37	12
dekzand op keileem	16	85	4,4	13	1,3	5	23	5
leemarm gestuwd	10	104	4,6	14	0,7	34	40	18
lemig gestuwd	18	93	4,8	11	1,2	8	-	
kalkarme loess	50	4	4,2	4	2,0	12	-	
keileem	55	19	5,0	11	1,0	5	-	
terraszanden	16	25	4,7	5	1,2	4	-	
terraskleien	57	10	5,0	4	4,4	4	-	

Stuifzand

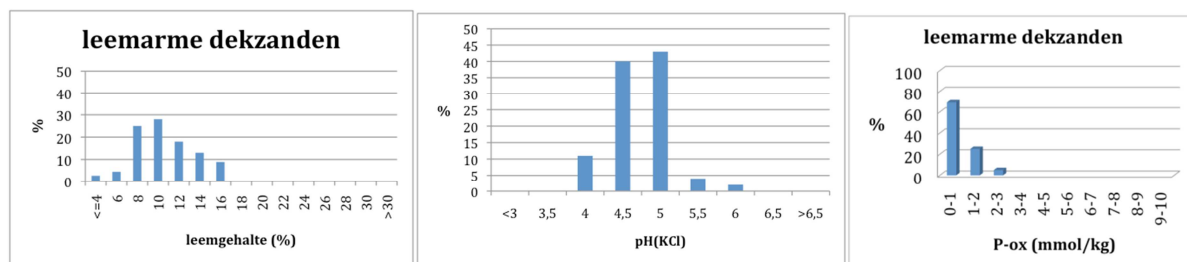
Leemgehalten van stuifzand zijn laag (zie figuur 3); pH en P-oxalaat waarden zijn overeenkomstig laag. Drentse stuifzanden vertonen lagere elementgehalten (Na, K, Mg, Ca, Al, Fe en Mn) dan de Veluwe, samenhangend met verschillen in gehalte aan verweerbare mineralen, maar ook binnen deze regio's en zelfs individuele sites komen aanzienlijke verschillen voor (Sparrius 2011). Overigens zijn ook stuifzanden van Maasherkomst (Limburg) relatief arm (zie ook Sevink & de Waal 2010). Significante verschillen in P-gehalte werden niet gevonden. De mineralogische verschillen komen overeen met die gevonden in dekzand.



Figuur 3. Links: Leemgehalte op 90-120cm (n=79). Midden: pH(KCl) (n=21) op 90-120cm. Rechts: P-ox (n=24) op 90-120cm. Bron: BIS

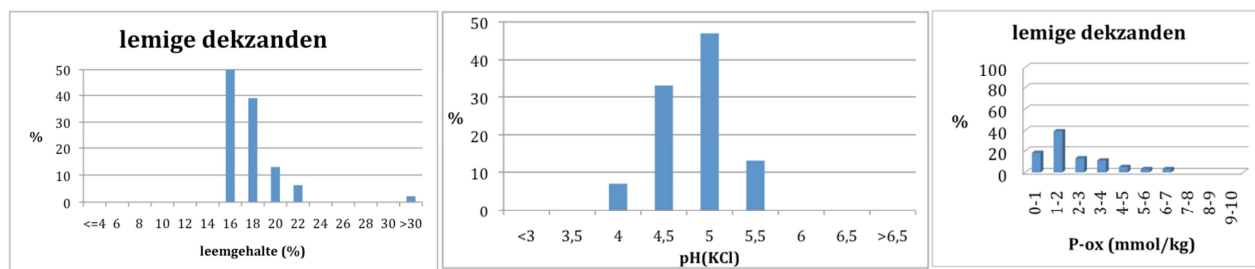
Dekzand (en zandige loessleem)

Onderscheid wordt gemaakt tussen leemarme dekzanden en lemige dekzanden, met als zeer lemige variant de zandige loessleem van de Velwezooom en het Rijk van Nijmegen (Groesbeek). Jonger dekzand is overwegend zandiger dan ouder dekzand, dat in Zuid-Nederland zelfs sterk lemig is. Ook jong dekzand is in Zuid-Nederland vaak lemiger, met een toenemend leemgehalte richting zuiden. Voor verschillen in leemgehalten en daaraan gekoppelde kenmerken zie de figuren 4 en 5.



Figuur 4. Links: Leemgehalte op 90–120cm (n=93). Midden: pH(KCl) (n=47) op 90–120cm. Rechts: P-ox (n=33) op 90–120cm. Bron: BIS

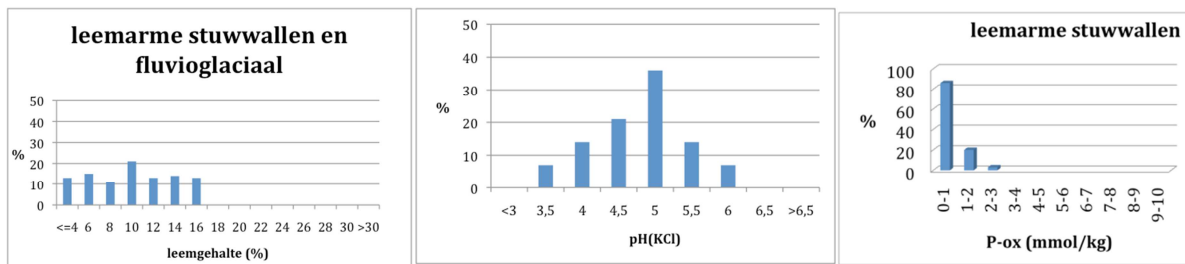
Binnen het dekzand komen verschillen in mineralogie voor (Vink 1948, Crommelin 1964, 1965), die samenhangen met verschillen in herkomst. Noord-Nederlandse en Zuid-Nederlandse dekzanden zijn armer; Middelnederlandse zijn rijker aan verweerbare mineralen, zoals die voorkomen in de Midden- en Laat-Pleistocene Rijnafzettingen (de ‘bruine’ zanden). Het betreft echter een globaal regionaal patroon met lokaal nogal wat variatie. Overigens verklaren die verschillen wel de aanzienlijke spreiding in bijv. het gehalte aan P-ox en pH.



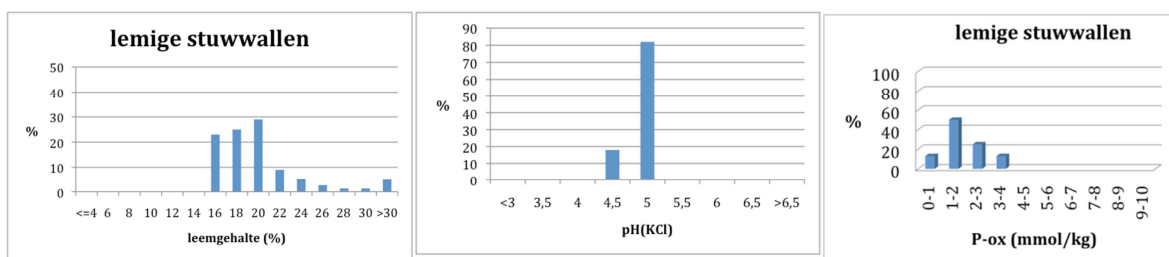
Figuur 5. Links: Leemgehalte op 90–120cm (n=63). Midden: pH(KCl) (n=15) op 90–120cm. Rechts: P-ox (n=21) op 90–120cm. Bron: BIS

Stuwwallen

Een drietal hoofdtypen kunnen onderscheiden worden op basis van herkomst en aard van het gestuwde materiaal en daaraan gerelateerde fluvio-perioglaciale afzettingen (zie o.a. Doppert et al. 1975): a) Bruine zanden met een Rijnherkomst, d.w.z. rijk aan verweerbare mineralen (vooral van vulkanische herkomst) en relatief leemrijk, dominant in de stuwwallen van Centraal Nederland, Montferland en Rijk van Nijmegen; b) Witte zanden van voornamelijk oostelijke herkomst en arm aan verweerbare mineralen (en ijzer) in vooral Noord-Veluwe en Salland; en c) Stuwwallen opgebouwd uit oudere, vaak kleiige en mineralogisch rijke geologische formaties, in het bijzonder Tertiaire afzettingen, in Twente (deze afzetting komen overigens ook voor in de vorm van plateau- en terrasresten). De omzomende fluvio-periglaciale afzettingen, die veelal van oorsprong leemarm zijn, bevatten vaak een aanzienlijke ‘noordelijke’ component, d.w.z. relatief veel verweerbare mineralen, die bij bodemvorming tot een hoger leemgehalte leiden.



Figuur 6. Links: Leemgehalte op 90–120cm (n=104). Midden: pH(KCl) (n=14) op 90–120cm. Rechts: P-ox (n=34) op 90–120cm. Bron: BIS.

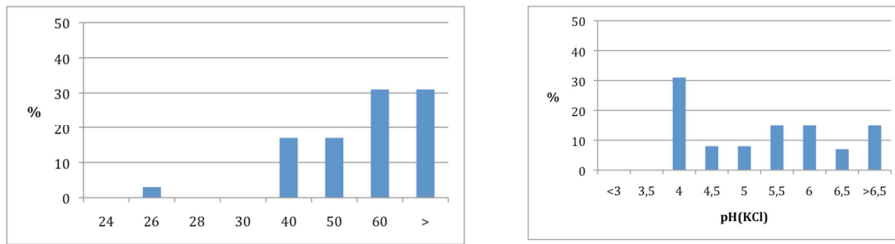


Figuur 7. Links: Leemgehalte op 90–120cm (n=85). Midden: pH(KCl) (n=11) op 90–120cm. Rechts: P-ox (n=8) op 90–120cm. Bron: BIS.

Naast de verschillen in herkomst van het materiaal, speelt ook de aanzienlijke variatie in textuur van de gestuwde pakketten, leidend tot een bandenpatroon in sediment- en daarmee bodemkenmerken. Die grote variatie verklaart de sterke spreiding in leemgehalte blijkend uit de figuren 6 en 7, als ook in pH en P-ox. Overigens komen exceptioneel hoge P-ox waarden voor in stuwwallen met Tertiaire mariene afzettingen (Twente en Oost-Gelderland), die bekend staan om het voorkomen van fosforietknollen, zoals bij Ootmarsum.

Grondmorene en terrassen

Grondmorene kan zowel kalkloos als kalkhoudend zijn en wordt vaak afgedekt door een grofzandige en stenige residuaire laag, het zogenaamde keizand (Doppert et al. 1975). Mineralogisch gezien rijke materialen en met soms hoog leemgehalte (onder het verarmde keizand), maar als gevolg van de verwerking onder wisselvochtige omstandigheden vaak sterk verzuurd en ontijzerd. Dergelijke wisselvochtigheid leidt ook waar een dunne laag dekzand op de keileem ligt, tot vorming van ontijzerde en verzuurde veldpodzolgronden met lage P-ox gehalten. Echter, waar ondiep 'rijke' keileem of potkleien aanwezig zijn, kan de bodem aanzienlijk rijker zijn. Terrasafzettingen zijn uiterst variabel: zij variëren van extreem arme, vrijwel uit kwarts bestaande zanden van de Brunsummerheide (Van den Broek 1965) via arme Vroeg- tot Midden-Pleistocene afzettingen met wisselend leemgehalte in zuidelijk Nederland (Van den Broek 1966), tot rijkere Laat-Pleistocene zanden en lemen. Vooral de lemen kunnen hoge P-ox waarden vertonen.



Figuur 8. Links: Leemgehalten (n=29) op 90–120cm van keileem en terraskleien. Rechts: pH(KCl) (n=13) op 90–120cm van dekzand op keileem en terrasleem.

Literatuur

- Crommelin, R.D. 1964. A contribution to the sedimentary petrology and provenance of young pleistocene cover sand in the Netherlands. *Geologie Mijnb.* 43: 384–402.
- Crommelin, R.D. 1965. Sediment–petrologie en herkomst van jong–pleistoceen dekzand in Nederland. *Boor en Spade* 14: 138–150.
- Doppert, J.W.C., G.H.J. Ruegg, C.J. van Staalduinen, W.H. Zagwijn & J.G. Zandstra 1975. Formaties van het Kwartair en Boven–Tertiair in Nederland. In Zagwijn W.H. en van Staalduinen C.J. (ed): *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*. Rijks Geologische Dienst, Haarlem; 11–55
- Mol, G., J. Spijker, P. van Gaans & P. Römken 2012. *Geochemische bodematlas van Nederland*. Wageningen Academic Publishers.
- Sevink, J. & R.W. de Waal 2010. Soil and humus development in drift sands. In: J. Fanta & H. Siepel (eds.), *Inland drift sand landscapes*. KNNV Publishing, Zeist; Chapter 7.
- Sparrius, L.B. 2011. *Inland dunes in The Netherlands: soil, vegetation, nitrogen deposition and invasive species*. PhD Thesis University of Amsterdam.
- Van den Broek, J.M.M. 1965. Podzolen in tertiaire zanden in Zuid–Limburg. *Boor en Spade* XIV, 184–195.
- Van den Broek, J.M.M. 1966. *De bodem van Limburg*. Toelichting bij blad 9 van de bodemkaart van Nederland, schaal I : 200 000. Wageningen.
- Vink, A.P.A. 1949. *Bijdrage tot de kennis van loess en dekzanden, in het bijzonder van de zuidoostelijke Veluwe*. Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen.

Bijlage 3. Begrippenlijst

Humusprofiel: De op de minerale bodem aanwezige organische laag, bestaande uit meer of minder afgebroken strooisel en wortels (H-horizont in de Nederlandse bodemclassificatie), alsook een daaronder aanwezige humeuze minerale laag (Ah-horizont). Binnen de O-laag kan volgens de Nederlandse humusclassificatie van Van Delft et al. (2006) of met de humusclassificatie van [Green et al. \(1993\)](#) verder onderscheid gemaakt worden in een L-(strooisellaag), F-(fragmentatielaag) en een H-horizont (humus-horizont), op basis van de mate van strooiselafbraak. Voor verdere informatie over humusprofielen wordt verwezen naar Van Delft (2004).

Oudbossoort: Soort die vooral voorkomt op historisch oude bosgroeiplaatsen (van voor ca. 1800) en zich moeilijk vestigt over grotere afstanden. Voorbeelden zijn Adelaarsvaren, dalkruid en Bosanemoon. Zie verder: [Wulf \(1994\)](#), [Bijlsma \(2002\)](#), [Cornelis et al. \(2009\)](#).

Literatuur

Bijlsma, R.J. 2002. Bosrelicten op de Veluwe. Een historisch-ecologische beschrijving. Alterra-rapport 647, Wageningen.

Cornelis, J., M. Hermy, B. Roelandt, L. De Keersemaeker & K. Vandekerkhove. 2009.

Bosplantengemeenschappen in Vlaanderen: een typologie van bossen gebaseerd op de kruidlaag. Mededelingen van het INBO 5, Brussel.

Van Delft, B. 2004. Veldgids humusvormen. beschrijving en classificatie van humusprofielen voor ecologische toepassingen. Alterra, Wageningen.

Wulf, M. 1994. Überblick zur Bedeutung des Alters von Lebensgemeinschaften, dargestellt am Beispiel "historisch alter Wälder". NNA-Berichte 3/94: 3-14.