Afgiftekantoor
Gent X
P208989

Toelating
gesloten
verpakking

BELGIË
PB
BC 10594

BOS revue

Vereniging voor
Bos in Vlaanderen
vbv

Tijdschrift van de Vereniging voor Bos in Vlaanderen

THEMANUMMER
FORBIO

DRIEMAANDELIJKS

[april–mei–juni 2010]

VU: BART MUYS – Geraardsbergsesteenweg 267, 9090 Gontrode (Melle)

32

BOSrevue 32
[april–mei–juni 2010]

inhoud

LEESWIJZER p. 1

Relaties tussen biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen p. 2

Effecten van boomsoortenmenging op de biodiversiteit p. 6

Effecten van boomsoortenmenging op primaire productie en koolstofvastlegging p. 9

Effecten van boomsoortenmenging op de strooiselafbraak en de nutriëntencyclus p. 12

Weerstand en veerkracht van gemengde bestanden p. 16

De percepties van bosgebruikers over de ecosysteemdiensten die gemengde bossen leveren p. 18

CONCLUSIES p. 22

DE REVUE GEPASSEERD p. 23

VANONDER HET MOS: HET TECHNOFYTICUM VAN DE HAÏDA p. 24

Speciale dank gaat uit naar Christophe Heyninck (Forêt Wallonne) voor de opmaak van de figuren en tabellen.

colofon

Bosrevue is een driemaandelijkse uitgave van de Vereniging voor Bos in Vlaanderen vzw (VBV).
Correspondentieadres redactie
Bosrevue, Geraardsbergsesteenweg 267,
9090 Gontrode (Melle)
Tel. 09 264 90 57, marlies.vanlerberghe@vbv.be
Redactie Marlies Vanlerberghe
Redactionele bijdragen
Kris Verheyen, Etienne Branquart, Luc de Keersmaeker, Bart Muys, Marc Aubinet, Quentin Ponette, Jean-Claude Grégoire, Monique Carnol, Hans Baeté
Reviewers
Katrijn Gijsel, Arne Verstraeten, Margot Vanhellemont, Marlies Vanlerberghe, Kris Verheyen
Beeldmateriaal
VBV, tenzij anders vermeld.
Vormgeving Magelaan, Gent
Druk Druk in de Weer
Gedrukt op Cyclus Print (100% gerecycleerd papier)
Concept Vereniging voor Bos in Vlaanderen vzw
Advertentiewerving Bert De Somviele
Bosrevue jaargang 8: nr. 32, april–mei–juni
Oplage 1500 exemplaren
ISSN 1378-5990
© 2010 Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen of vermenigvuldigd, op welke wijze dan ook, zonder toestemming van de Vereniging voor Bos in Vlaanderen vzw.
VU Bart Muys, Geraardsbergsesteenweg 267, 9090 Gontrode (Melle)
Foto cover Stephanie Schelfout
Openingsuren VBV-secretariaat en documentatiecentrum
Van maandag t.e.m. vrijdag doorlopend van 9 tot 16 uur.

De Week van het Bos is voor jong en oud het uitgelezen moment om de schoonheid van de Vlaamse bossen van dichtbij te ontdekken. Dit jaar zoomt de Week van het Bos in op de rijkdom aan planten en dieren die bossen herbergen: met de slagzin **'In geuren en kleuren'** zet de campagne het thema **'Biodiversiteit'** in de kijker.

De Week van het Bos gaat door van 10 tot en met 17 oktober. Iedereen op post!

NOTEER ALVAST IN JE AGENDA:

- **22 september:** Vormingsmoment 'Bosspelen in geuren en kleuren' te Kasterlee
- **7 oktober:** Informatienamiddag 'Biodiversiteit in geuren en kleuren' te Brussel
- **10 t.e.m. 17 oktober:** (bio)divers activiteitenaanbod in Vlaanderen
- **17 oktober: Slothappening (ge)Zin in Zoniën!**

  Voor de gelegenheid trekt het Zoniënwoud haar mooiste herfstkleed aan om er een spetterend feest van te maken. Het Agentschap voor Natuur en Bos, de Vereniging voor Bos in Vlaanderen en de Gezinsbond slaan de handen in mekaar zodat je er kunt genieten van wandelingen, speurtochten, circusvoorstellingen tussen de bomen, theater, een wetenschapsshow van Technopolis, een bruisend bosfeest...

Meer info en inschrijvingen: www.weekvanhetbos.be

Vereniging voor Bos in Vlaanderen
vbv

BOSrevue
Vereniging voor Bos in Vlaanderen
Geraardsbergsesteenweg 267
9090 Gontrode (Melle)

PLAN(T) JE EEN GIFT VOOR MEER EN BETER BOS?

Goed nieuws: vanaf nu zijn giften vanaf 30 euro fiskaal aftrekbaar!

Giften zijn welkom op rek.nr.:
IBAN BE57 7310 0909 4935

Themanummer FORBIO

LEESWIJZER

De bedoeling van dit themanummer is om, op een toegankelijke wijze, de stand van zaken van de kennis over het functioneren van homogene en gemengde bossen te schetsen. Meer specifiek willen we een overzicht geven van de verschillen in goederen en diensten die deze bostypes ons leveren en deze wetenschappelijke inzichten vervolgens vergelijken met de percepties die hierover leven bij diverse groepen van bosgebruikers. Het ruimere kader waarin dit themanummer past is het globale verlies aan biodiversiteit en de vraag of, en in welke mate, dit verlies gevolgen heeft voor de menselijke maatschappij en het menselijk welzijn.

Het themanummer is als volgt opgebouwd. In het eerste artikel (Verheyen, p. 2) wordt een algemene inleiding gegeven over de relaties tussen biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen. Verder wordt geschetst hoe dergelijke relaties in bossen bestudeerd (kunnen) worden. Het volgende artikel (Branquart & De Keersmaeker, p. 6) vat de actuele kennis samen over de impact van boomsoortendiversiteit op de totale biodiversiteit in bossen. De drie volgende artikels focussen op de relaties tussen boomsoortendiversiteit en het functioneren van bosecosystemen. Het functioneren van (bos-)ecosystemen kan op drie manieren beschreven worden: door analyse van de aanwezige voorraden van koolstof, water en nutriënten, door analyse van de uitwisseling (fluxen) van koolstof, water en nutriënten en door te kijken hoe stabiel deze voorraden en fluxen doorheen de tijd zijn. Aangezien het onmogelijk is om alle voorraden en fluxen te beschrijven, werd voor dit themanummer geopteerd om drie sleutelprocessen te beschrijven. Met name de invloed van boomsoortendiversiteit op de productiviteit (Muys & Aubinet, p. 9), op de strooiselafbraak (Ponette, p. 12) en op de weerstand van bossen tegen biotische en abiotische verstoringen (Grégoire, p. 16). In het hoofdstuk door Carnol & Verheyen (p. 18) worden de wetenschappelijke bevindingen geconfronteerd met de percepties van de diverse bosgebruikers. Tot slot worden de belangrijkste conclusies nog eens samengevat.

Dit themanummer kadert in het FORBIO-project (zie ook http://forbio.biodiversity.be) dat gefinancierd werd door het Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO; 2008-2010). Het project heeft verscheidene onderzoeksteams die actief zijn in het ruime domein van de bosecologie en -beheer samengebracht om mee gestalte te geven aan het functionele biodiversiteitsonderzoek in België.

Het project wordt gecoördineerd door het Laboratorium voor Bosbouw van de UGent. Een tweede resultaat van het project zijn de grootschalige boomsoortendiversiteitsexperimenten in Gedinne en Zedelgem (zie ook kaderstuk p. 5) die, op termijn, moeten toelaten om ondubbelzinnige conclusies te trekken over het belang van gemengde, meer soortenrijke bestanden voor het functioneren van bosecosystemen en de diensten en goederen die ze ons leveren.

Kris Verheyen

Referenties: www.vbv.be/bosrevue

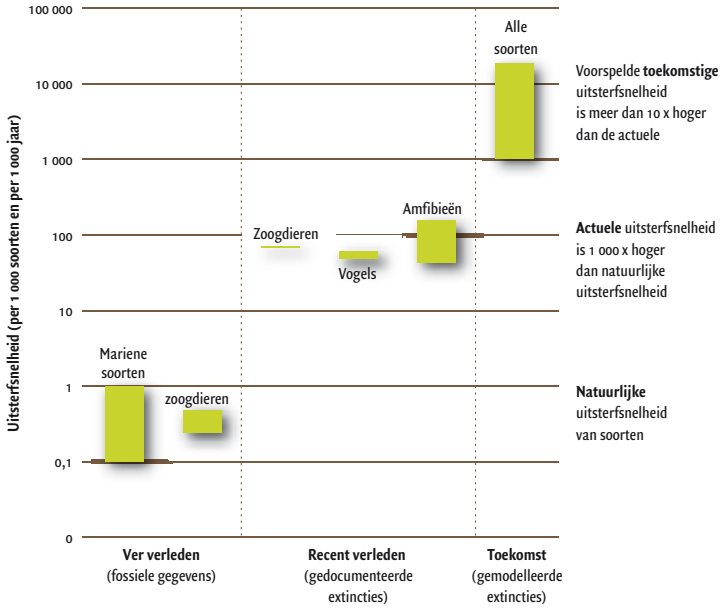
Relaties tussen biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen

'So I am convinced that we should raise the profile of biodiversity in tackling climate change and food insecurity, and that we need more high-level attention to this subject'[1]

Kris Verheyen

De laatste decennia heeft de mens een nooit geziene stempel gedrukt op ecosystemen wereldwijd (1). Er kan aangenomen worden dat de actuele snelheid waarmee soorten uitsterven vele malen hoger is dan de natuurlijke uitsterfsnelheid. Bovendien zal deze snelheid waarschijnlijk nog sterk toenemen (Fig. 1). Ook het gebruik van natuurlijke hulpbronnen is de laatste decennia sterk toegenomen en geschat wordt dat momenteel ongeveer de helft van de bruikbare landoppervlakte wereldwijd wordt gebruikt als graas- of akkerland. Verder wordt geschat dat tussen een kwart en de helft van de door de zon gegenereerde primaire productie op aarde op een of andere manier door de mens wordt gebruikt (2).

Gealarmeerd door het toenemende verlies van biodiversiteit zijn wetenschappers begonnen met het zoeken naar antwoorden op vragen als: 'Heeft biodiversiteit belang voor het functioneren van ecosystemen?' en 'Maakt het voor ecosysteemprocessen uit of er veel dan wel weinig soorten aanwezig zijn?' (3).
Wetenschappers staan voor de grote uitdaging een antwoord te bieden op deze vragen met als gevolg dat er zich gedurende het laatste decennium een nieuwe, interdisciplinaire tak van de ecologie ontwikkeld heeft die zich bezig houdt met de studie van de relaties tussen biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen (4).
Naast deze wetenschappelijke aandacht, ontstond ook een grote maatschappelijke interesse voor deze zogenaamde functionele biodiversiteit. De publicatie van de 'Millenium Ecosystem Assessment' (5), waarin het concept van ecosysteemdiensten gelanceerd werd, was een mijlpaal (Fig. 2). Ecosysteemdiensten zijn goederen en diensten die de menselijke maatschappij ontvangt van beheerde en onbeheerde ecosystemen. De grote verdienste van de 'Millenium Ecosystem Assessment' is dat deze erg duidelijk de conceptuele relaties heeft blootgelegd tussen het functioneren van ecosysteem en de mate waarmee het goederen en diensten kan leveren aan de maatschappij (6). Meer recent heeft een



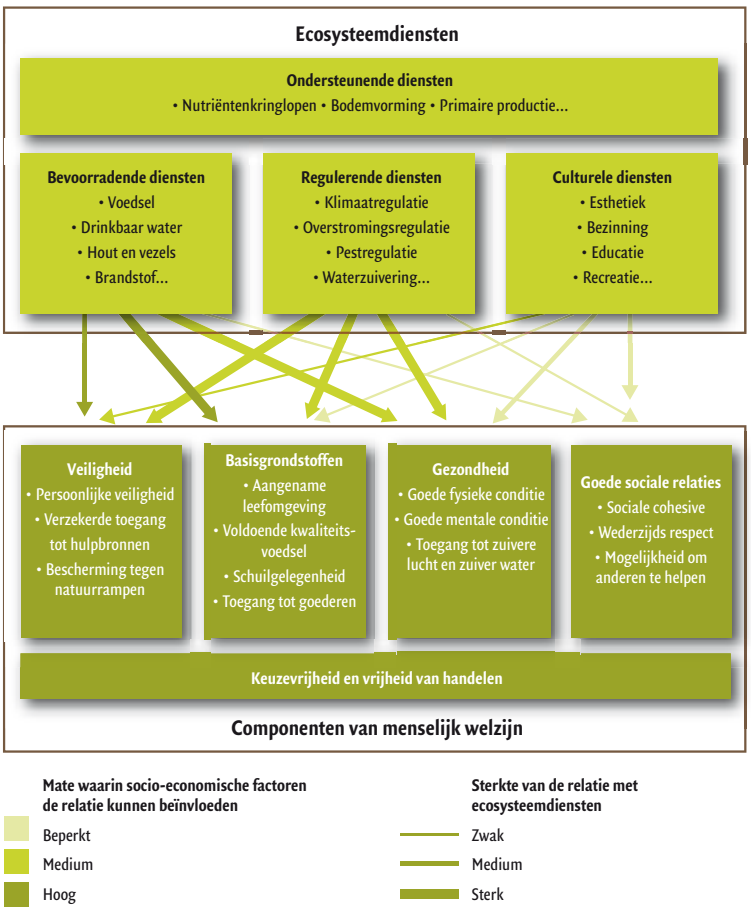
Figuur 1: Geschatte historische, actuele en toekomstige globale uitsterfsnelheden van soorten (Bron: Millenium Ecosystem Assessment 2005 (5)).

vervolgstudie, de 'Economics of Ecosystems and Biodiversity study' (7), deze conceptuele relaties verder uitgediept en geprobeerd een economische waarde toe te kennen aan de talrijke diensten die ecosystemen ons verschaffen. Dergelijke valuatie is noodzakelijk omdat beslissingen over landgebruik en -beheer vaak enkel gebaseerd zijn op de waarde van een beperkt aantal, vermarktbare ecosysteemdiensten (bv. houtproductie in bossen), terwijl de waarde van vele andere ecosysteemdiensten, zoals koolstofopslag, bescherming tegen erosie, zuivering van water en lucht, niet onderkend wordt en bijgevolg ook niet voldoende meespeelt in het beslissingsproces.

Onderzoek naar de relaties tussen biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen

Sinds de start van het functionele biodiversiteitsonderzoek is er geleidelijk een nieuw ecologisch denkkader ontwikkeld waarin aan de diversiteit aan genen, soorten

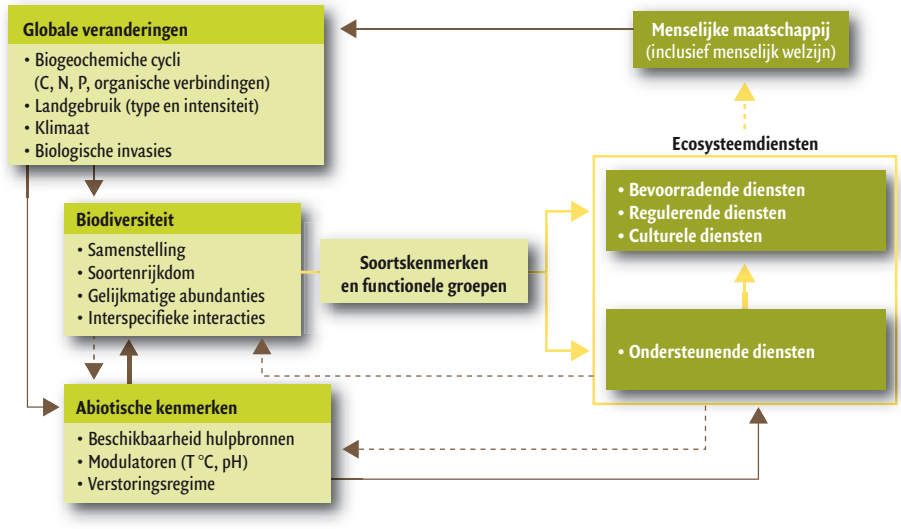
1 Citaat uit een open brief die José Manuel Barroso heeft geschreven naar aanleiding van de wereldtop over voedselveiligheid die van 16 tot 18 november 2009 werd gehouden in Rome.



Figuur 2: Ecosysteemdiensten en hun relatie met het menselijk welzijn (Bron: Millenium Ecosystem Assessment 2005 (5)).
Ecosysteemdiensten zijn de diensten die de mens verkrijgt van ecosystemen. Deze diensten zijn het gevolg van de eigenschappen van ecosystemen en van het functioneren ervan.
De 'Millenium Ecosystem Assessment' definieert vier groepen van ecosysteemdiensten: (1) ondersteunende diensten: diensten nodig om de productie van de drie andere dienstengroepen mogelijk te maken; (2) bevoorradende diensten: goederen verkregen uit het ecosysteem die toegeëigend, geconsumeerd of verhandeld kunnen worden; (3) regulerende diensten: diensten die een invloed uitoefenen op het milieu en (4) culturele diensten: ontastbare, cultuurafhankelijke diensten voor de maatschappij.

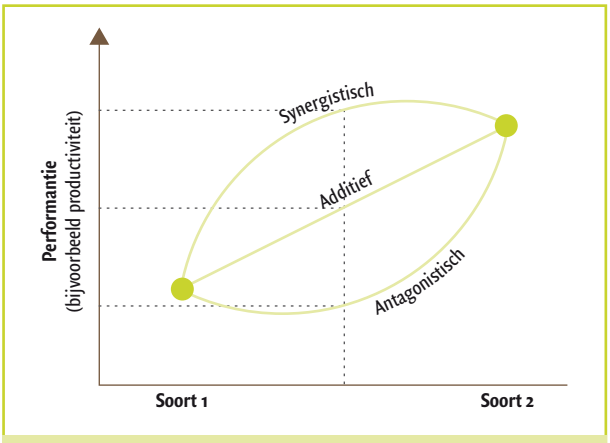
en ecosystemen, een actieve rol wordt toebedeeld voor het functioneren van ecosystemen en het leveren van ecosysteemdiensten (Fig. 3). Voorheen werd biodiversiteit eerder als iets passiefs beschouwd. Biodiversiteit was de resultante van de groeiplaatscondities, het gevoerde beheer en hun onderlinge interacties, zonder al te veel functioneel belang.

Na bijna twintig jaar onderzoek is er stilaan een brede wetenschappelijke consensus dat biodiversiteit inderdaad van belang is voor het functioneren van ecosystemen (zie o.a. 6).
De belangrijkste vaststellingen zijn dat meer biodiverse gemeenschappen over het algemeen samengaan met grotere voorraden (bijvoorbeeld van biomassa), met snellere energie- en stofstromen (bijvoorbeeld door een snellere strooiselafbraak) en met een hogere stabiliteit in de tijd van deze voorraden en stromen (8; 9; 10). Bovendien kon aangetoond worden dat de prestaties van meer biodiverse gemeenschappen beter is dan wat kon verwacht worden op basis van het individuele gedrag van de samenstellende soorten (Fig. 4): de effecten van een toenemende biodiversiteit zijn met andere woorden vaak synergetisch. Het dient niettemin vermeld te worden dat additieve en/of antagonistische effecten ook waargenomen werden.
Theoretisch en experimenteel onderzoek suggereert dat deze biodiversiteitseffecten het resultaat zijn van mechanismen als niche-complementariteit, selectie-effecten en ecologische verzekering (zie ook 11).
Niche-complementariteit resulteert typisch in niet-additieve effecten en treedt op wanneer soorten in soortenrijke gemeenschappen er samen in slagen om de beschikbare hulpbronnen beter te exploiteren dan eender welke van de samenstellende soorten alleen.
Het selectie-effect treedt op door de hogere kans op de (toevallige) aanwezigheid van goed presterende soorten in meer diverse gemeenschappen. Wanneer het selectie-effect domineert zijn de biodiversiteitseffecten eerder additief.



Figuur 3: Schematische voorstelling van het ecologische denkkader dat de basis vormt voor het functionele biodiversiteitsonderzoek. De rode pijlen en de rood omrande box vormen de kern van het nieuwe denken over functionele biodiversiteit en geven aan dat biodiversiteit, via de specifieke eigenschappen van soorten en groepen van soorten, de verschaffing van de verschillende ecosysteemdiensten kunnen beïnvloeden (aangepast volgens Hooper et al. 2005 (8)).

Ecologische verzekering zorgt ervoor dat gemeenschappen die worden blootgesteld aan een of andere vorm van verstoring (droogte, pathogenen,...) meer weerstand kunnen bieden of zich sneller herstellen door de grotere kans op aanwezigheid van een resistente of veerkrachtige soort.



Figuur 4: Schematische voorstelling van additieve en niet-additieve synergistische en antagonistische effecten op de performantie van een virtuele menging met twee soorten.

Functioneel biodiversiteitsonderzoek in bossen

Ondanks de relatief lage (boom-)soortenrijkdom van het bos in Europa, zeker in vergelijking met de bossen in Noord-Amerika en Azië, vertoont het Europese bos toch een aanzienlijke variatie in samenstelling en structuur (11; 12). De overgrote meerderheid van het Europese bos is in erg belangrijke mate door de mens beïnvloed door eeuwenlang kappen, begrazen, branden, enz. Dit heeft als gevolg dat bossen in Europa actueel gedomineerd worden door relatief jonge, gelijkjarige opstanden met slechts enkele boomsoorten. De mens heeft echter ook grote gradiënten in diversiteit gecreëerd. Op sommige plaatsen heeft de grootschalige homogene aanplant met veelal snelgroeiende soorten geleid tot opstanden met een lage structurele en boomsoortendiversiteit, terwijl op andere plaatsen kleinschalige, selectieve vellingen gevolgd door natuurlijke verjonging geleid heeft tot erg diverse opstanden die onder volledig natuurlijke omstandigheden waarschijnlijk zelden zou voorkomen.

Een zekere bezorgdheid over de ecologische duurzaamheid van homogene aanplantingen en hun veronderstelde lagere weerstand tegen verstoringen, vooral in het licht van de voorspelde klimaatverandering, hebben de interesse in meer gemengde bossen de laatste decennia opnieuw doen toenemen (13; 14). Deze interesse werd verder gevoed door beleidsprocessen zoals de VN-conventies over de biodiversiteit en het klimaat (resp. UNCBD en UN-FCCC), het pan-Europese MCPFE-proces rond duurzaam bosbeheer en de EU-Habitatrichtlijn.

Dit alles heeft ertoe geleid dat er in veel landen en regio's een beleid gevoerd wordt om homogene, gelijkjarige bossen om te vormen tot meer gemengde, structuurrijke types die, naar men verwacht, beter zouden moeten functioneren en een verhoogde stabiliteit vertonen.

Het is interessant te vermelden dat de vraag of meer gemengde opstanden beter functioneren dan homogene opstanden reeds gesteld werd op het einde van de 18e eeuw, toen de bosbouwwetenschap nog in zijn kinderschoenen stond (15). Inmiddels is het duidelijk geworden dat verschillende boomsoorten inderdaad sterk kunnen verschillen in functionele kenmerken (bijvoorbeeld door verschillen in de verteerbaarheid van het strooisel; 16) en zodoende ook een sterke invloed kunnen uitoefenen op allerhande ecosysteemprocessen.
De vraag hoe en in welke mate veranderingen in het aantal boomsoorten het hele spectrum aan ecosysteemprocessen beïnvloedt, blijft echter grotendeels onbeantwoord (17). In een recent literatuuroverzicht werden, bijvoorbeeld, slechts 20 geschikte studies gevonden die op een of andere manier de relatie tussen boomsoortendiversiteit en de productiviteit van bosecosystemen getest hebben (18); dit is een fractie van het aantal studies dat in graslanden over dit thema verricht werd. Deze schaarste aan onderzoeksresultaten is in feite verrassend omdat het bosbouwonderzoek, zeker in Europa, een erg lange traditie heeft en massa's informatie geproduceerd heeft over de ecologie van de verschillende boomsoorten en over bosdynamiek in het algemeen.

Het weinige bestaande functionele biodiversiteitsonderzoek in bos kan opgedeeld worden in vier types: (a) vergelijkende opbrengststudies in homogeen en gemengd bos op basis van permanente proefvlakken; (b) observationeel onderzoek langsheen min of meer natuurlijke gradiënten in boomsoortendiversiteit; (c) analyses op basis van grootschalige, regionale bosinventarisatiedatabanken en (d) de recent geïnstalleerde boomsoortendiversiteitsexperimenten.

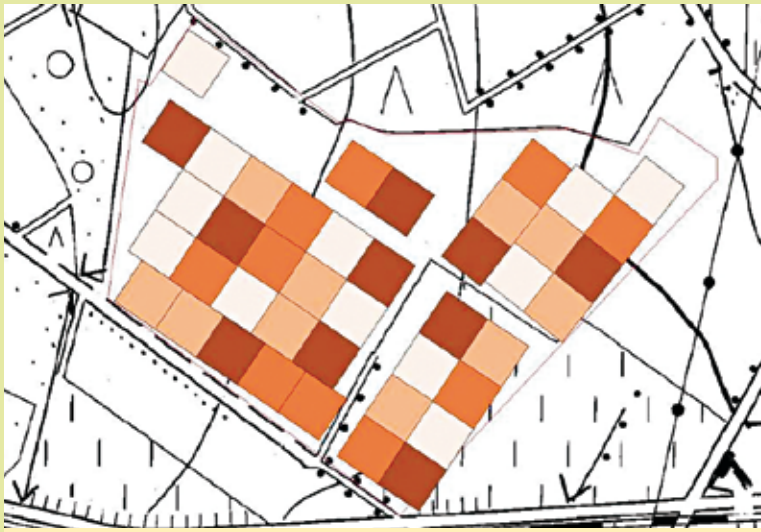
a De opbrengststudies vertonen een erg wisselende relatie tussen boomsoortendiversiteit en productiviteit die sterk afhangt van de boomsoorten onder beschouwing en van de groeiplaatskenmerken (15; zie ook artikel van Muys & Aubinet in dit nummer). Bovendien bestaan de mengingen in deze proefvlakken meestal uit slechts twee, meestal commercieel interessante, boomsoorten.
b Observationele studies langsheen grotere diversiteitsgradiënten zijn quasi onbestaande. De enige ons bekende studie (19) werd uitgevoerd in een gemengd beukenbos in Duitsland. De resultaten geven aan dat de effecten van de diversiteitsgradiënt, gaande van puur beuk tot een menging van beuk met vier andere soorten, sterk afhankelijk waren van het proces dat bestudeerd werd.
c Voor zover ons bekend bestaan er op dit moment slechts vier gepubliceerde studies die bosinventaris-

De Belgische boomsoortendiversiteitsexperimenten (FORBIO)

Met de financiële hulp van het Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO) werden in Zedelgem (West-Vlaanderen) en Gedinne (Namen) twee boomsoortendiversiteitsexperimenten aangelegd met een gelijkaardig experimenteel ontwerp.

Op elke site werden 33 000 bomen van vijf verschillende soorten aangeplant in 42 proefvlakken (Fig. 1). De geselecteerde boomsoorten moesten uiteraard aangepast zijn aan de groeiplaats, maar ook zoveel als mogelijk verschillen in functionele kenmerken, zoals schaduwtolerantie, strooiselkwaliteit, bladfenologie, enz. In Zedelgem werden uiteindelijk zomereik, ruwe berk, winterlinde, grove den en beuk weerhouden en in Gedinne zijn dit gewone esdoorn, douglas, hybride lariks, beuk en wintereik. Deze soorten werden aangeplant in vijf proefvlakken met telkens een van deze soorten en in vijf proefvlakken met telkens twee, drie en vier soorten. Er werd bovendien zorg voor gedragen dat alle soorten met een gelijke frequentie voorkomen over alle proefvlakken heen. Samenvattend betekent dit dus per site 4 diversiteitsniveaus x 5 proefvlakken per niveau = 20 proefvlakken. Dit alles werd een keer herhaald om aldus 40 proefvlakken te bekomen.

De twee resterende proefvlakken maken deel uit van een klein bijkomend experiment om de effecten van genetische diversiteit na te gaan. Daartoe werd per site één soort geselecteerd (zomereik in Zedelgem en beuk in Gedinne) waarvoor in helft van proefvlakken een herkomst werd aangeplant en in de andere helft drie verschillende herkomsten. De twee extra proefvlakken zijn monoculturen van de twee extra herkomsten. De bomen in Zedelgem en Gedinne werden geplant tijdens de winter van 2009-2010 met de zeer gewaardeerde hulp van het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) in Vlaanderen en van de Division de la Nature et des Forêts (DNF) in Wallonië.



Figuur 1: Overzicht van de experimentele site in Zedelgem. De boomsoortendiversiteit in de 42 proefvlakken variëert tussen één (lichte kleur) en vier soorten (donkerste kleur). De proefvlakken zijn 42 m x 42 m en bevatten elk 784 bomen geplant in een 1.5 m x 1.5 m vierkantsverband.

Deze experimenten zouden, op termijn, moeten toelaten om ondubbelzinnige conclusies te trekken over het belang van gemengde, meer soortenrijke bestanden voor het functioneren van bosecosystemen en de diensten en goederen die ze ons leveren.

sen gebruikt hebben om het functionele belang van boomsoortendiversiteit te onderzoeken (20; 21; 22; 23). Dergelijke databanken zijn interessant door het zeer grote aantal, vaak permanente, proefvlakken waarmee gewerkt kan worden. Probleem is echter de grote verschillen in beheer, voorgeschiedenis, groeiplaatscondities,... tussen de proefvlakken die een te grote ruis kunnen veroorzaken op het biodiversiteitssignaal dat men wil detecteren (24).

d De recent geïnstalleerde boomsoortendiversiteitsexperimenten hebben als doel om door experimentele manipulatie effecten van boomsoortendiversiteit te testen op een site die verder zo homogeen als mogelijk is. Onderzoek in graslandecosystemen heeft immers aangetoond dat enkel op deze manier ondubbelzinnig oorzakelijke verbanden tussen diversiteit en het functioneren van ecosystemen blootgelegd kunnen worden.
Recent werd een wereldwijd netwerk van dergelijke boomsoortendiversiteitsexperimenten geïnstalleerd, het zogenaamde TreeDiv_Net. Op negen sites, gaande van boreaal woud in Finland tot tropisch bos in Panama, werden experimenten met een gelijkaardige experimenteel ontwerp aangeplant. Het TreeDiv_Net beslaat meer dan 600 ha, omvat bijna 2900 experimentele proefvlakken en 600 000 bomen. Ook in België maakt deel uit van dit netwerk met twee sites in Zedelgem en Gedinne (zie kaderstuk). ■

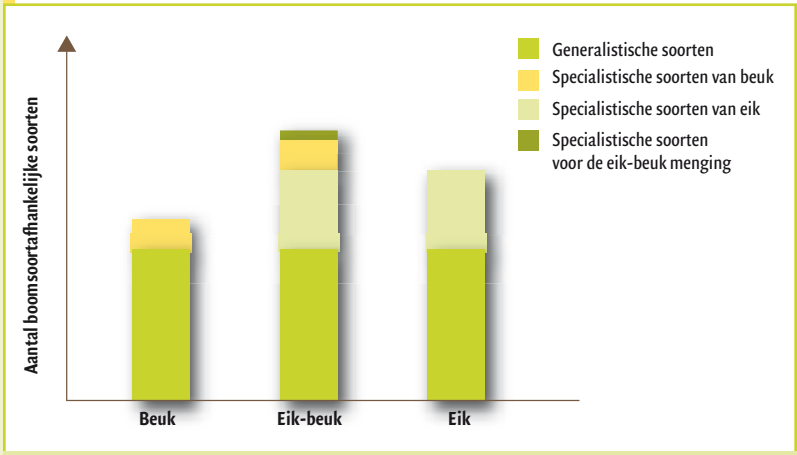
Conclusies

Het voorbije decennium is het bewustzijn gegroeid dat biodiversiteit niet enkel omwille van ethische redenen behouden moet worden, maar ook cruciaal is opdat ecosystemen op duurzame wijze goederen en diensten zullen kunnen blijven verschaffen.
Onderzoek in grasland heeft reeds aangetoond dat er effectief positieve verbanden bestaan tussen de diversiteit en het functioneren van ecosystemen. In bossen staat dit type van onderzoek nog in zijn kinderschoenen en ondubbelzinnige conclusies zullen nog even op zich laten wachten.

Effecten van boomsoorten-menging op de biodiversiteit

Etienne Branquart & Luc de Keersmaeker

Bomen spelen een sleutelrol in bosecosystemen. De identiteit van de bomen en het aantal boomsoorten in een bos bepalen in grote mate de rijkdom van organismen die een functionele relatie hebben met bomen, zoals, ongewervelde herbivoren (1) en mycorrhizavormende fungi (2).
Er wordt verondersteld dat gemengde bossen meer biodiversiteit herbergen dan homogene bossen, omdat er een gevarieerder aanbod is van hulpbronnen en habitats (3; 4; 5; 6). In gemengde eiken-beukenbossen is een grotere diversiteit aanwezig van organismen die afhankelijk zijn van bomen, dan in homogene eiken en beuken bossen, omdat in het gemengde bos zowel specialisten van eik als van beuk voorkomen (Fig. 1).



Figuur 1: Theoretisch schema dat illustreert dat in gemengde bossen, bijvoorbeeld van eik en beuk, de soortenrijkdom meer dan de som is van de soorten die in homogene bossen van respectievelijk beuk en eik voorkomen.

De specialisatie van organismen op één boomsoort en het principe van de gesommeerde soortenrijkdom kunnen de soortensamenstelling van gemengde bossen echter niet volledig verklaren. Sommige soorten komen uitsluitend voor in gemengde bossen, of hebben er een duidelijke voorkeur voor (zie kaderstuk).

In deze bijdrage onderzoeken we de wetenschappelijke literatuur over gematigde en boreale bosecosystemen en zoeken we een antwoord op volgende vragen:

a In welke mate hangt de soortenrijkdom of diversiteit van organismen die gebonden zijn aan bossen af van een menging van boomsoorten?

b Wat is het relatieve belang van een menging van boomsoorten, vergeleken met de invloed van een individuele boomsoort op soortenrijkdom of diversiteit?

We lichten er drie soortengroepen uit: kruidachtige planten, de bodemfauna en herbivore insecten gespecialiseerd op boomkronen. Deze drie groepen werden gekozen omdat ze door hun kleine afmetingen en geringe verbreidingscapaciteit voornamelijk beïnvloed worden door de lokale boomsoortendiversiteit, d.w.z. op het niveau van een bosbestand.

De bonus van een gemengd bos: het voorbeeld van appelvink

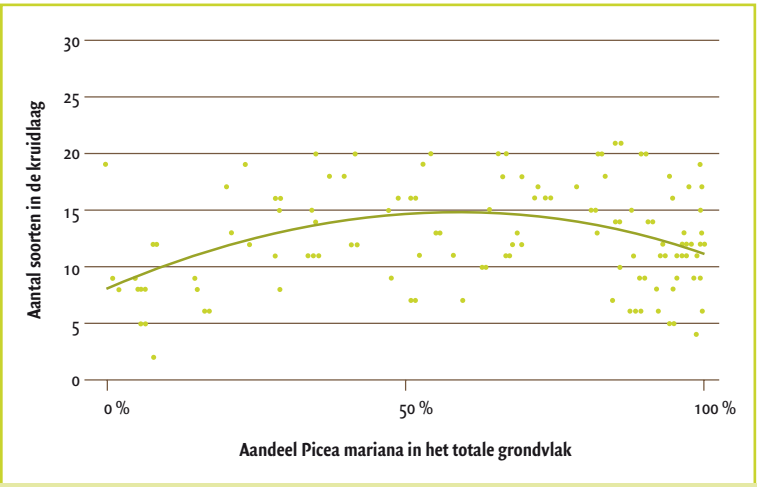
De appelvink is in Vlaanderen een vrij schaarse broedvogel van het zuiden en oosten van Vlaanderen (7). Appelvink kan in een gevarieerd cultuurlandschap voorkomen, bijvoorbeeld rijk aan hoogstamboomgaarden. In bossen wordt appelvink het meest gevonden in eikenbos met oude bomen, gemengd met struiken en secundaire boomsoorten die vruchten en noten dragen. Dankzij de massieve bek kan appelvink pitten van vruchten kraken. Ook zaden en knoppen van beuk, iep, haagbeuk en esdoorn staan op het menu. De jongen worden voornamelijk gevoed met bladetende rupsen die in boomkruinen verzameld worden (8; 9).

Effecten van boomsoortendiversiteit op de biodiversiteit

Kruidachtige planten

Enigszins tegen de verwachtingen is er slechts een beperkt aantal studies dat een positief effect kon aantonen van de menging van boomsoorten op de diversiteit van de kruidlaag. Soms werd zelfs het tegendeel vastgesteld, namelijk dat homogene bossen soortenrijker zijn dan gemengde bossen (5; 10).

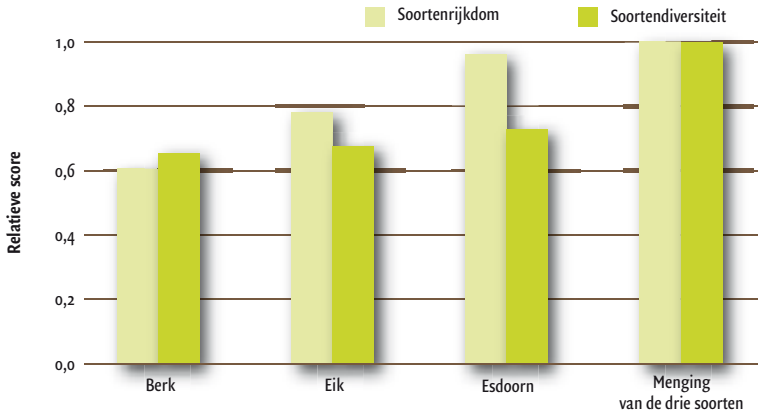
Bij een variabele menging van twee boomsoorten, zou op basis van het principe van de gesommeerde soortenrijkdom (zie Fig. 1), een klokvormige curve moeten verschijnen. Er werd slechts één studie gevonden die deze hypothese ondersteunt (Fig. 2). Diverse studies belichten de relatie tussen de diversiteit van boomsoorten en die van de kruidlaag, door gradiënten in het voorkomen van meer dan twee boomsoorten te bestuderen (11; 12; 13). De vastgestelde effecten zijn echter vooral een gevolg van de aanwezigheid van welbepaalde boomsoorten in de menging, niet zozeer van een relatie zoals vastgesteld in Fig. 2.



Figuur 2: Relatie tussen de soortenrijkdom van de kruidlaag en het aandeel van het grondvlak van Picea mariana in het totale grondvlak in een bestand met bijmenging van loofhout in het oosten van Québec (Canada; Bron: Jobidon et al. 2004 (14)).

Bodemfauna

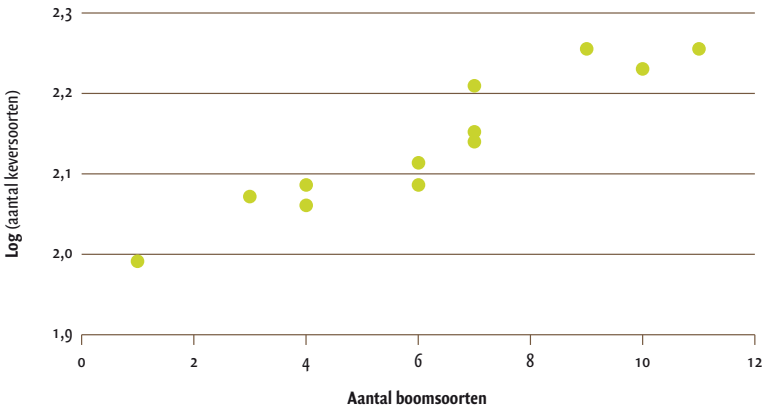
Zowel observationele als experimentele studies hebben effecten waargenomen van de menging van boomsoorten op de diversiteit van bodemfauna. Zo is de diversiteit van oribatide mijten groter in behandelingen met strooisel van diverse boomsoorten, dan in strooisel van monoculturen (15; Fig. 3). Voor bodemfauna geldt dezelfde vaststelling als voor kruiden: ook voor deze soortengroep wordt het effect van de menging grotendeels bepaald door de aard van de boomsoort, zodat een veralgemening niet mogelijk is (zie bijvoorbeeld 16 and 17). Een bijkomend positief effect van de menging, als dat al aanwezig zou zijn, zou het gevolg kunnen zijn van een heterogener aanbod aan microhabitats en van een gevarieerder voedselaanbod. Net zoals bij de kruiden, lijkt het er echter sterk op dat het surplus van een menging voor de diversiteit van de bodemfauna, veel kleiner is dan het effect dat de afzonderlijke boomsoorten hebben.



Figuur 3: Relatieve soortenrijkdom en diversiteit van oribatide mijten in het strooisel van drie afzonderlijke soorten (respectievelijk berk, eik en esdoorn) en in een menging van deze drie soorten (Bron: Hansen et al. 1998 (15)).

Insecten uit het kronendak

Tot op heden is nauwelijks onderzoek verricht naar de diversiteit van insectengemeenschappen in boomkronen langsheen gradiënten van boomsoortendiversiteit. De beschikbare gegevens suggereren dat een menging van boomsoorten een positief effect heeft op de diversiteit van deze soortengroep, omdat de heterogeniteit van het habitat en van het voedingsaanbod toenemen (Fig. 4; 6 & 18). Omdat ze erg afhankelijk zijn van een specifieke gastheer, kan men aannemen dat de diversiteit van deze insecten zal toenemen bij een toenemend aantal boomsoorten. Anderzijds is een minimum aantal individuen van een boomsoort nodig om een leefbare populatie van deze gespecialiseerde insecten te herbergen. Zo kan slechts een beperkt aantal gespecialiseerde insecten, geïsoleerde eiken in een beukenbos koloniseren (19).



Figuur 4: Toename van de soortenrijkdom van kevers langsheen een gradiënt van boomsoortendiversiteit, in een Centraal-Europees bos (Bron: Sobek et al. 2009a (6)).

Effecten van specifieke boomsoorten op de biodiversiteit

Uit wat vooraf ging blijkt dat het effect van een menging vaak moeilijk vast te stellen is en vaak overtroffen wordt door de aanwezigheid van specifieke boomsoorten, die een positief of negatief effect op de biodiversiteit van bossen kunnen hebben.

Kruidachtige planten

Licht wordt algemeen beschouwd als een limiterende factor voor de diversiteit van een bosvegetatie (5; 20). Soorten met een groot schaduwwerpend vermogen in de boomlaag (beuk, fijnspar, winterlinde, gewone esdoorn) of in de struiklaag (haagbeuk, hazelaar) kunnen de soortenrijkdom van de kruidlaag verminderen. Lichtbehoevende soorten, zoals vingerhoedskruid, adelaarsvaren, bosaardbei, hertshooisoorten en wilgeroosjes kunnen zich onder deze bomen en struiken niet ontwikkelen. Om deze reden wordt aanbevolen een menging met lichtboomsoorten, zoals berken, gewone es of grove den na te streven (21).
Verschillen in bodemkenmerken, die het gevolg zijn van variaties in strooiselkwaliteit en in de kringloop van nutriënten, kunnen eveneens boomsoortspecifieke effecten op de kruidlaag verklaren. Boomsoorten zoals beuk en naaldhoutsoorten met een slecht verterend strooisel versnellen de bodemverzuring (22; 23), met mogelijk een verarming van de kruidlaag tot gevolg. Omgekeerd werd vastgesteld dat de diversiteit van zaailingen toenam bij menging van boomsoorten met een nutriëntenrijk, snel afbreekbaar strooisel zoals gewone es, boskers en linde (13).

Boomsoortafhankelijke organismen

De boomsoort heeft een zeer grote invloed op de samenstelling en rijkdom van organismen die een sterke functionele relatie met bomen hebben ontwikkeld. Hiertoe behoren niet alleen de bodemfauna en insecten die in het kronendak leven, maar ook andere groepen zoals houtbewonende schimmels, mycorrhizavormende fungi en epifytische korstmossen.
De rijkdom aan soorten geassocieerd met inheemse bomen van West-Europa vertoont een aanzienlijke variatie als gevolg van verschillen in de grootte van het verspreidingsareaal, de evolutionaire geschiedenis en in de fysiologische kenmerken van deze boomsoorten (zie bijvoorbeeld 1 en 2). Boomsoorten met een ruim verspreidingsareaal herbergen doorgaans meer soorten, waaronder meer gespecialiseerde organismen, dan boomsoorten met een beperkt verspreidingsgebied. Geslachten bovenaan Tabel 1, bij voorbeeld Salix, Quercus, Alnus, Betula en Populus herbergen soortenrijke gemeenschappen met relatief veel Rode Lijstsoorten en kunnen bijgevolg de globale diversiteit sterk verhogen als ze in een menging worden opgenomen (19;24). Dit gaat in het bijzonder op voor naaldbossen, waar deze loofbomen van grote betekenis zijn voor onder andere vogels (25; 26; 27).

Boomsoorten geslacht	Herbivore insecten	Bodemfauna	Houtbewonende schimmels	Mycorrhizavormende schimmels	Epifytische korstmossen
Wilg	+	+	+	+	+
Eik	+		+	+	+
Els	+	+	+		+
Berk	+		+	+	
Populier	+	+	+		
Beuk			+	+	+
Esdoorn		+	+		+
Es		+	+		+
Den	+		+	+	
Kers	+	+			
Lijsterbes		+			+
Linde		+			+
Spar			+	+	
Iep		+			

Tabel 1: Belang van geslachten van bomen en struiken uit West-Europa voor verschillende, aan bomen gebonden soortengroepen. Het plusteken geeft aan dat het genus een uitgesproken positief effect heeft op de diversiteit in de soortengroep.

Conclusies

Wetenschappelijke studies die een oorzakelijk verband leggen tussen het aantal boomsoorten en de biodiversiteit van een bosbestand zijn bijzonder schaars. De biodiversiteit van een bos wordt immers mee bepaald door een groot aantal andere factoren, zoals bijvoorbeeld de landgebruiksgeschiedenis en het historische bosbeheer, de mate van isolatie en natuurlijke en antropogene bodemkenmerken die op hun beurt ook de boomsoortensamenstelling bepalen.
Observationele studies die deze andere verklarende factoren constant kunnen houden en het zuivere effect van een menging van boomsoorten kunnen begroten, zijn hierdoor bijzonder schaars. Hopelijk kunnen de gecontroleerde proeven in Zedelgem en Gedinne (zie kaderstuk p. 5) op middellange tot lange termijn deze kennislacune helpen dichten. In afwachting zijn we voornamelijk aangewezen op studies die de effecten van individuele boomsoorten belichten. Op basis van de beperkte kennis kunnen we toch een aantal trends en voorlopige conclusies formuleren:

- Een menging van boomsoorten is meestal gunstig voor de globale biodiversiteit van een bosbestand en kan de vestiging van soortenrijke gemeenschappen van organismen die aan bomen geassocieerd zijn, promoten.
- Slechts een minderheid van de bossoorten is strikt afhankelijk van een menging van boomsoorten
- Het effect van een menging is sterk afhankelijk van de boomsoorten die in de menging gebruikt worden. De invloed van een boomsoort in een menging kan positief óf negatief zijn.
- Secundaire loofboomsoorten hebben vaak een hoge intrinsieke betekenis voor de biodiversiteit van een bosbestand. Het bosbeheer zou gericht moeten zijn op het behoud of begunstigen van deze boomsoorten.
- Wetenschappelijke informatie om de optimale menging vanuit het perspectief van biodiversiteit te bepalen, is nog niet beschikbaar.

Effecten van boomsoorten-menging op primaire productie en koolstofvastlegging

B. Muys en M. Aubinet

De netto primaire productie van een bos is de aangroei van biomassa bij bomen en andere groene planten als resultante van fotosynthese en ademhaling. Het is een belangrijke functie voor het levensonderhoud van het ecosysteem, wat dan weer belangrijk is voor andere ecosysteemdiensten zoals productie van hout en schermfuncties (1).

Duurzaam bosbeheer probeert een evenwicht te vinden tussen enerzijds groei door koolstofvastlegging en anderzijds langdurige opslag van koolstof in biomassa (2).

Al sinds de negentiende eeuw vragen bosbouwers zich af of gemengde bossen productiever zijn dan monoculturen (3), maar eigenlijk is daar tot op heden geen duidelijk antwoord op geformuleerd. In de laatste tien jaar werd op het vlak van de relatie tussen biodiversiteit en productiviteit veel onderzoek gedaan in experimentele graslanden. Daaruit bleek een sterke positieve relatie tussen diversiteit en productiviteit (4; 5).

Dit gunstig effect werd althans ten dele toegeschreven aan complementariteit tussen soorten, bijvoorbeeld inzake opname van water en nutriënten (bijvoorbeeld 6).

Dit hoofdstuk gaat na of eenzelfde diversiteit-productiviteit-relatie ook in bossen tot de mogelijkheden behoort (Fig. 1).

Figuur 1: Zijn gemengde bossen (boven) onder bepaalde voorwaarden productiever dan homogene bossen (onder)? En zoja onder welke voorwaarden? Observaties konden dit tot op heden niet klaar en duidelijk bevestigen. Experimentele soortenmengingen zullen in de nabije toekomst een duidelijk antwoord kunnen geven. © Bart Muys

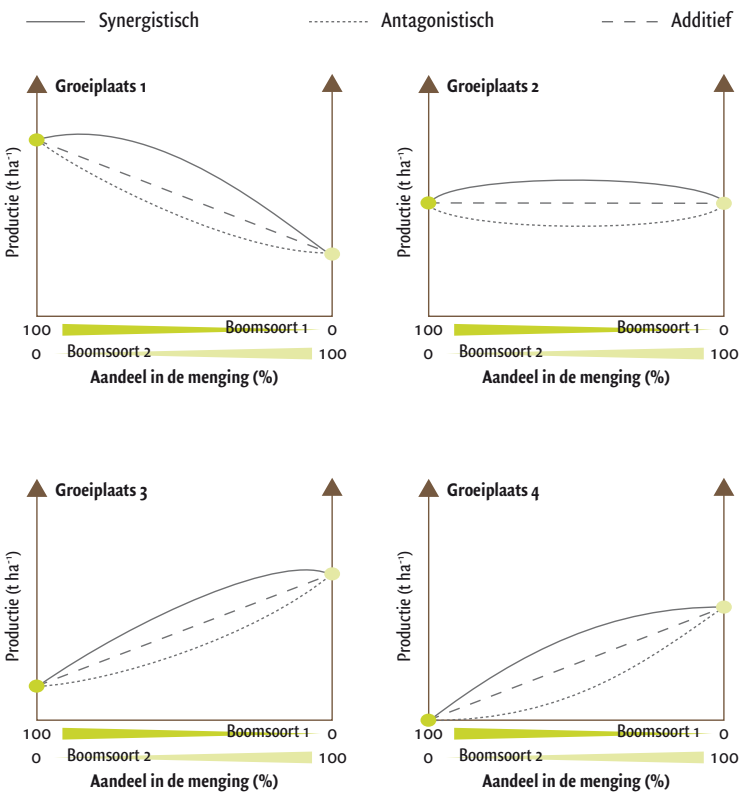
Bewijzen voor biodiversiteit-productiviteitrelaties in het bos

Wereldwijd bestaan er observationele studies op bestandsniveau waar spar, douglas, den of eucalyptus in monocultuur productiever bleken dan in menging (3). Andere studies stelden dan weer een productiviteitsverhoging tot 10-20 % vast in mengingen. Dergelijke positieve diversiteit-productiviteitrelaties werden meestal vastgesteld op rijke bodems, terwijl op arme bodems menging vaak een negatief effect had op productiviteit (7). Een synthese van tropische studies toonde een hogere diameteraanwas in

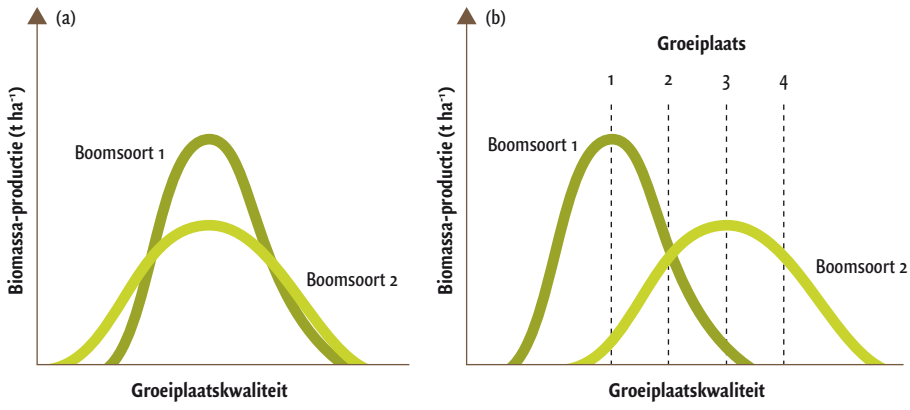
gemengde bosaanplantingen (8). Duitse onderzoekers (9) vonden een positieve relatie tussen boomsoortenmenging en de biomassa van de kruidlaag in loofboombossen.

Tot nog toe werd de diversiteit-productiviteitshypothese maar weinig op grotere schaal getest. Een eerste poging gebeurde voor de regionale bosinventaris van Catalonië (10). Ze vonden een hogere stamhoutproductie bij toenemende menging in bladhoudend loofbos, maar niet in naaldboombossen en bladverliezende loofboombossen. Dit suggereert mogelijk dat deze relatie typisch is voor pioniersituaties of op marginale groeiplaatsen. Sindsdien werden ook in Frankrijk en Duitsland pogingen ondernomen om inventarisatiedata vanuit dit oogpunt te interpreteren (bijvoorbeeld 11). De analyse van een wereldwijde databank van netto primaire productie in bossen wees uit dat de netto koolstofbalans ongeveer overal ter wereld hetzelfde is, omdat boven het optimum van 10°C en 1500 mm neerslag de toenemende fotosynthese steeds sterker gecompenseerd wordt door stijgende ademhaling (12). Deze onderzoekers besloten dat de globale variatie aan bosproductiviteit niet zozeer aan klimaatvariatie toe te schrijven is, maar eerder aan factoren als bosleeftijd, beheer en verstoringsgeschiedenis, die allen ondermeer met boomsoortensamenstelling te maken hebben.

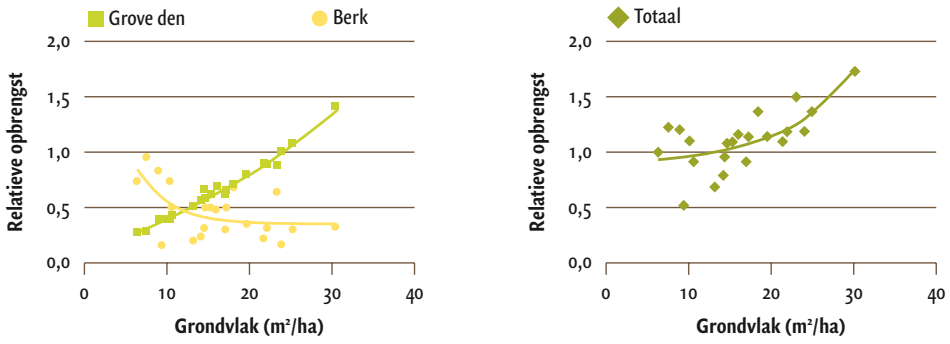
We kunnen besluiten dat de resultaten van observationele studies elkaar tegenspreken. Geobserveerde diversiteit/productiviteitrelaties blijken contextspecifiek en interageren met andere milieu- en beheerfactoren. Dit onderstreept de noodzaak voor goed ontworpen experimenten waar dergelijke interacties niet meespelen. Op dat vlak is er de laatste jaren veel methodologische vooruitgang geboekt (13; 14). Dat heeft geleid tot de aanleg van grote experimenten die het effect van boomsoortendiversiteit op de bosproductiviteit over een lange termijn gaan evalueren, met name in Duitsland, Finland, Frankrijk, Panama, Maleisië, China en ook in België (zie kaderstuk p. 5).



Figuur 3: Productiepotentieel voor twee boomsoorten in monoculturen en gemengde bestanden onder verschillende groeiplaatscondities (condities 1-4 in Fig. 2b).
Wanneer twee boomsoorten met sterk verschillende groeiplaatsvoorkeur samen voorkomen zal hun totale productiviteit theoretisch afhangen van het relatieve belang van drie mogelijke soorteninteracties (synergistische interacties, antagonistische interacties en neutrale, additieve interacties) in vier types groeiplaatsen, namelijk de optimumgroeiplaats voor soort 1 (a), zelfde groeipotenties voor beide soorten (b), het groeioptimum van soort 2 (c), en geschikt voor soort 2 maar buiten het groeibereik van soort 1 (d) (Bron: Pretzsch 2005 (3)).



Figuur 2: Productiepotentieel in functie van groeiplaatskwaliteit voor twee boomsoorten. a) boomsoorten met gelijkaardige groeiplaatsvoorkeur. b) boomsoorten met verschillende groeiplaatsvoorkeur. Doorsneden 1-4 verwijzen naar de mogelijke boomsoorteninteracties toegelicht in Fig. 3. (Bron: Pretzsch 2005 (3)).



Figuur 4: Relatieve opbrengst in gemengde bestanden van grove den en berk ten opzichte van hun monoculturen in functie van het grondvlak van grove den (Bron: Wijdeven et al. 2000 (15)).

Mogelijke ecologische verklaringen

Boomsoorten kunnen op verschillende manieren met elkaar interageren, afhankelijk van de groeiplaatsomstandigheden. Wanneer twee boomsoorten ongeveer dezelfde ecologische niche bezetten, waarbij de eerste soort productiever is dan de tweede, dan zal introductie van de tweede soort steeds aanleiding geven tot productiviteitsverlies (Fig. 2a). Zo'n situatie, waarbij competitie optreedt tussen twee functioneel gelijkaardige soorten komt vaak voor in bossen, wat het grote aantal studies met een negatieve biodiversiteit-productiviteitrelatie verklaart. Wanneer soorten met duidelijk onderscheiden niches samen voorkomen (Fig. 2b), zal de totale productiviteit afhangen van de complexe interactie tussen beide soorten. Dit kan leiden tot uiteenlopende resultaten, afhankelijk van de interactie tussen de soorten en de groeiplaats (Fig. 3). Het model van Pretzsch (3) suggereert dat hogere productiviteit in mengingen alleen zal voorkomen in heel specifieke, mogelijk zelfs zeldzame gevallen, waarbij twee of meer soorten met verschillende groeiplaatsvoorkeur en positieve groei-interacties samen voorkomen. Toch kan het wellicht niet uitgesloten worden dat zelfs soorten met gelijke groeiplaatseisen nichecomplementariteit kunnen vertonen, bijvoorbeeld door in een andere bodemlaag te wortelen of door een verschillend niveau van schaduwtolerantie.

In een studie over groei van grove den en berk in Nederland werd een hogere productiviteit in mengingen dan in homogene bestanden geobserveerd, met een sterker mengeffect bij een hoger grondvlak (Fig. 4) (15). Vooral berk was productiever in menging dan in monocultuur. De auteurs vermoedden complementariteit voor hulpbronnen, mogelijk door beworteling in verschillende bodemlagen. Pretzsch & Schütze (16) waren de eersten die harde bewijzen van complementariteit in het gebruik van hulpbronnen tussen boomsoorten konden voorleggen. Terwijl mengingen van fijnspar en beuk op arme groeiplaatsen in Zuid-Duitsland steeds leiden tot dominantie van fijnspar zonder complementariteitseffecten, stelden ze op rijke groeiplaatsen 'transgressive overyielding' vast. De menging was productiever (in dit geval 14-29 %) dan de best groeiende monocultuur dankzij positieve wederzijdse beïnvloeding van de twee soorten. Zij vermoedden dat de aangetoonde complementariteit toe te schrijven was aan meer efficiënte nutriëntenopname en -verdeling en een hogere kroonefficiëntie in de mengingen.

Conclusies

Tot nu toe bestaat er weinig bewijs voor diversiteits-productiviteitrelaties in bossen. Observationele studies konden geen eenduidige verbanden vinden omdat er mogelijk interacties waren met ondermeer groeiplaatsvariabiliteit. Methodologische problemen gerelateerd aan de grote dimensies en trage groei van bomen hebben het opstarten van experimenten vertraagd.
Een serie van recent opgestarte experimenten zal in de nabije toekomst wellicht voor een doorbraak zorgen in het beter begrijpen van de rol van biodiversiteit voor bosproductiviteit en koolstofopslag. Waar complementariteit kan vastgesteld worden, moet dan procesonderzoek gebeuren dat de mechanismen erachter kan doorgronden.

AANKONDIGING Handboek 'Bosecologie en Bosbeheer'

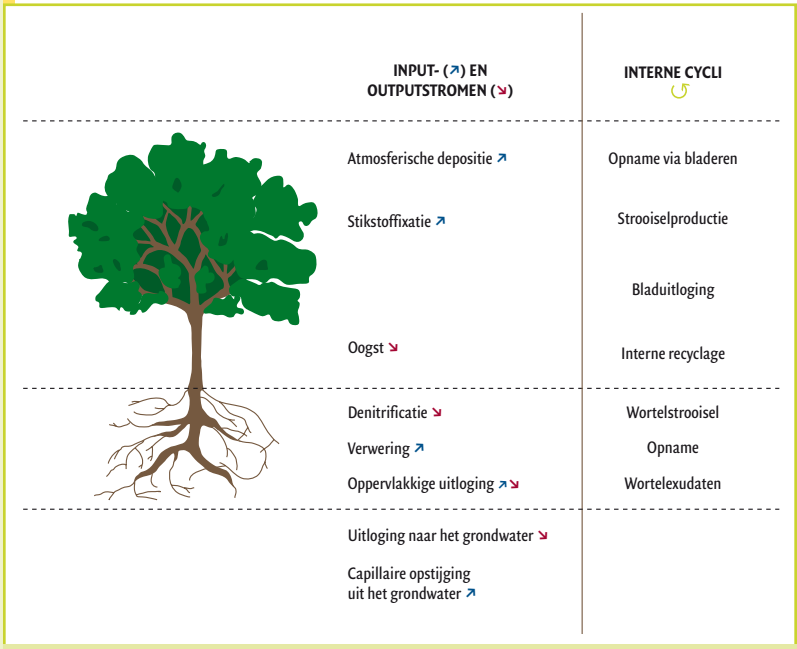
WAT	Presentatie van het nieuwe handboek 'Bosecologie en Bosbeheer', geschreven door een groot aantal Vlaamse en Nederlandse onderzoekers en bosbeheerders
WANNEER	Donderdagmiddag 2 september 2010, van 14:00u-16:00u
WAAR	Bezoekerscentrum 'De Vroente' op de Kalmthoutse Heide
DEELNAME	Vooraf aanmelden bij Sofie Bruneel (Sofie.Bruneel@ees.kuleuven.be)

Effecten van boomsoorten-menging op de strooiselafbraak en de nutriëntencyclus

Quentin Ponette

De voornaamste bouwstenen voor de groei van bomen zijn koolstof, water en nutriënten. Nutriënten kunnen het bosecosysteem binnenkomen vanuit de atmosfeer (als droge depositie, onder gas- of dampvorm, opgelost in regen, mist of sneeuw), vanuit de bodem via horizontale stromingen, capillaire opstijging of hydraulische lift, en door stikstoffixatie in de aanwezigheid van stikstoffixerende soorten. Nutriënten kunnen het bosecosysteem verlaten door uitspoeling onder de bewortelde zone, horizontale uitloging, oogst van biomassa, en onder specifieke voorwaarden ook door denitrificatie (Fig. 1). Naast deze input- en outputstromen zijn er ook stromen binnen het ecosysteem, zoals nutriëntenopname uit de bodem door de wortels, rechtstreekse absorptie van nutriënten door de bladeren, en intern transport van nutriënten binnen de plant (bijvoorbeeld van de bladeren naar de wortels). Slechts een gedeelte van de nutriënten opgenomen of geabsorbeerd door de plant worden voor lange tijd vastgelegd in houtachtig weefsel. De rest wordt onder vaste (boven- en ondergronds strooisel) of opgeloste (bladuitspoeling, wortelsecreties) vorm aan de bodem teruggegeven. Nutriënten die opgeslagen liggen in de bodem of strooisellaag kunnen via twee belangrijke processen in oplossing gebracht worden: via verwering van de anorganische bodemcomponent (de kleimineralen) of via afbraak van de organische component (strooisel en humus).

Gezien recyclage van koolstof en nutriënten, via afbraak van organisch materiaal, een proces is dat cruciaal is voor de beschikbaarheid van koolstof en nutriënten, wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan het effect van boomsoortendiversiteit op het afbraakproces, meer specifiek op de afbraak van bladstrooisel.

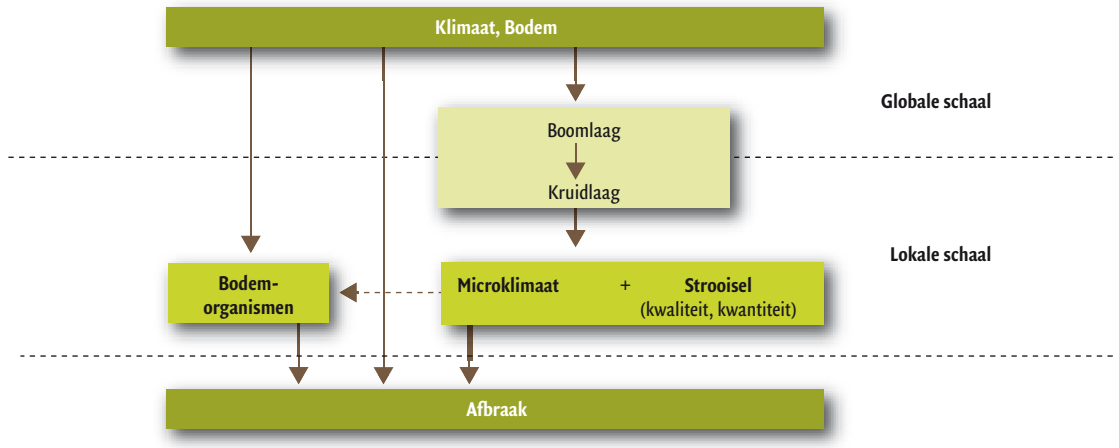


Figuur 1: Voornaamste componenten van de nutriëntencyclus. Blauwe en rode pijlen wijzen op nutriënteninputs naar en -outputs van het bosecosysteem. De groene pijl wijst op nutriëntenrecyclage binnen het ecosysteem.

Strooiselafbraak

Afbraak is het proces waarbij strooisel van boven- of ondergrondse bronnen afgebroken wordt tot zijn elementaire bouwstenen. Afbraak van organische stof gaat gepaard met complexe chemische, fysische en biologische processen, die het organisch materiaal continu veranderen (1). Dit afbraakproces verloopt langs verschillende fasen, die elk verschillen qua mechanisme of inzake de rol van bepaalde strooiselcomponenten, zoals stikstof.

Op globale schaal wordt afbraak gecontroleerd door klimaat, strooiseleigenschappen en bodemorganismen (2). Op lokale schaal (bestand, microsite) is het klimaat eerder homogeen, zodat strooiselkwaliteit en samenstelling van de bodemorganismen de belangrijkste factoren zijn die de snelheid van strooiselafbraak bepalen (Fig. 2).



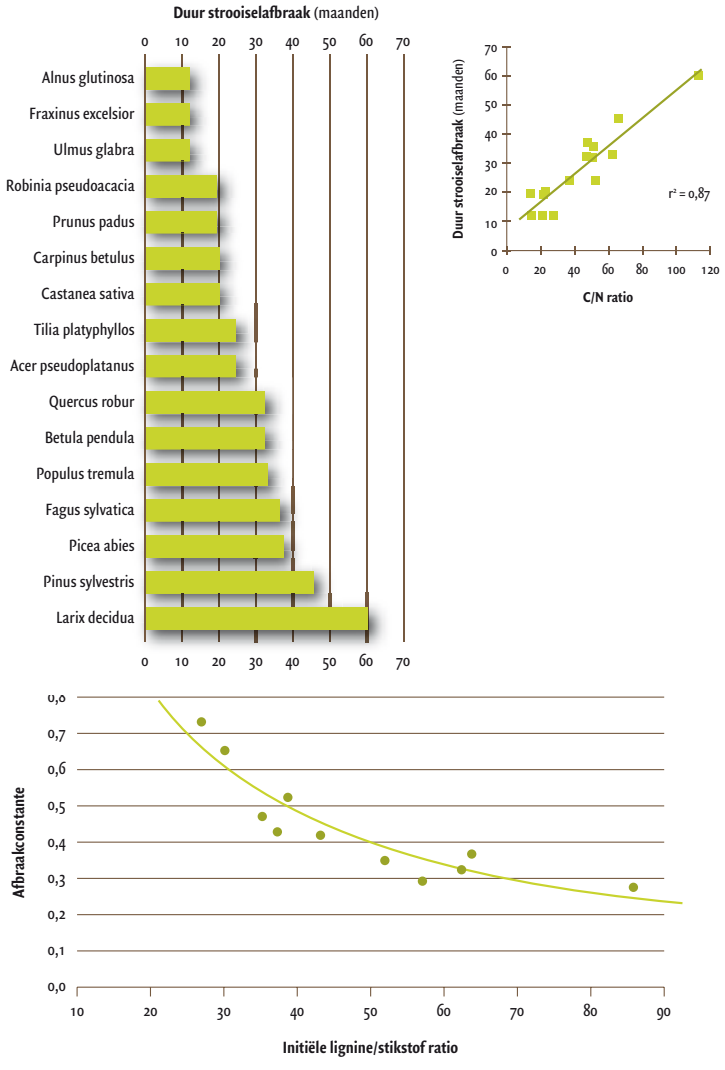
Figuur 2: Voornaamste factoren van invloed op het afbraakproces op verschillende schaalniveau's.

Kwaliteit van plantenstrooisel kan beschreven worden op basis van zijn fysische en chemische eigenschappen (3; 4), maar meestal beschrijft men de chemische samenstelling. Vooral de C:N-verhouding (5) en de lignine:N-verhouding (6) van vers strooisel bleken betrouwbare indicatoren om de snelheid van strooiselafbraak te voorspellen (Fig. 3 a&b). Omdat strooiselafbraak het resultaat is van verschillende processen, waarvan het belang verandert met de tijd, zijn de vernoemde afbraakindicatoren niet erg nauwkeurig (7). Het relatieve effect van strooiselkwaliteit op afbraaksnelheid bleek bovendien afhankelijk van de groeiplaats (8), wat ook betekent dat een gegeven strooiselsoort verschillende afbraakpatronen vertoont in functie van de groeiplaats (bodem, klimaat).
Voor het bekijken van het effect van boomsoortendiversiteit op strooiselafbraak zijn er twee relevante schaalniveaus: de bestandschaal, die het resultaat is van de ruimtelijke schikking van bomen met verschillende eigenschappen, en de schaal van de microsite, die het resultaat is van lokale associatie van strooiselcomponenten en bodemorganismen.

Effecten van boomsoortendiversiteit op de bestandschaal

In gemengde bestanden kan strooiselkwaliteit en -kwantiteit van plaats tot plaats verschillen in functie van het ruimtelijke patroon van de boomsoorten en dus van hun karakteristieken. Deze variatie in strooiselval zorgt samen met de variatie in bodemmicroklimaat, voor variatie in snelheid van strooiselafbraak en daardoor tot variatie in strooiselophoping (9).
Procesmodellering van bladstrooiselverbreiding probeert deze patronen te voorspellen. Zo voorspelde het model van Jonard et al. (10) voor loofboomsoorten dat de invloedsfeer van individuele bomen bij gegeven windcondities bepaald wordt door de totale boomhoogte en de strooi-

Figuur 3: Effect van strooiselkwaliteit op afbraak. a) rangschikking van een aantal Europese bosboomsoorten volgens strooiselafbraaksnelheid onder dezelfde milieu-omstandigheden, en effect van de C:N-verhouding op strooiselafbraak (bron: 4); b) relatie tussen de afbraakconstante en de initiële lignine:stikstof-verhouding (Bron: Melillo et al. 1982 (6)).



selproductie (welke goed gerelateerd is aan de stamomtrek op borsthoogte). Zoals kan worden geobserveerd in gemengde bestanden met loof- en naaldbomen, kan loofboomstrooisel zich verder met de wind verspreiden dan naaldboomstrooisel (11), wat uiteindelijk leidt tot een ongelijke herverdeling van het strooisel in termen van kwantiteit en kwaliteit.

Naast het wijzigen van de kwantiteit en kwaliteit van het strooisel kan boomsoortendiversiteit een invloed uitoefenen op het bodemmicroklimaat.
Om dit te testen wordt referentiestrooisel geïncubeerd in verschillende homogene en gemengde bestanden (bijvoorbeeld 12). Interpretatie van de resultaten is vaak moeilijk omdat zowel groeiplaats- als bestandskenmerken tegelijk veranderen. In de context van een gemengd bestand kan echter verwacht worden dat de variatie aan groeiplaatscondities beperkt is in vergelijking met de variatie in bestandseffecten. Door nabijgelegen gemengde opstanden van eik en beuk te vergelijken, toonden Jonard et al. (13) aan dat eikenstrooisel significant sneller afbrak onder beuk dan onder eik, terwijl afbraak van beukenstrooisel niet beïnvloed werd door het bestandstype. Dit effect was echter tijdsafhankelijk: het werd enkel vastgesteld in het derde jaar van het experiment. Aangezien het bodemmicroklimaat tussen de bestanden grotendeels gelijkaardig is, is het nog zoeken naar een goede verklaring voor dit effect. Sowieso was het bestandeffect veel kleiner dan het strooiseleffect (eiken- versus beukenstrooisel).

Ten slotte heeft de boomsoortensamenstelling naast zijn effect op de strooiselafbraak ook een mogelijk groot effect op de nutriëntenherverdeling door verschillen in nutriëntenopname of in toegang tot verschillende nutrientenreserves (bijvoorbeeld als gevolg van verschillen in bewortelingsdiepte).

Effecten van strooiselmenging op de microsite schaal

Patronen

Drie patronen werden vastgesteld bij observatie van strooiselafbraak van mengstrooisel op de microschaal: een toename van de afbraaksnelheid in de menging vergeleken met de monoculturen van de overeenkomstige soorten (synergistische effecten); een niet significant verschil tussen geobserveerde en verwachte afbraak (neutrale, additieve effecten); een tragere afbraak dan voorspeld als gevolg van antagonistische effecten.
Uit de beschikbare studies blijkt dat niet-additieve effecten het meest voorkomen, met een dominantie van synergistische effecten (14, 15). Gezien veel van deze studies enkel totale afbraak evalueerden zonder analyse van de aparte strooiselsoorten kan het dat vastgestelde additieve effecten het resultaat waren van tegenovergestelde responsen van de aparte strooiselcomponenten, zoals vastgesteld door Jonard et al. (10) in een incubatie-experiment met strooisel van beuk en wintereik.
De uiteenlopende respons van boomsoorten in mengingen wordt steeds beter gedocumenteerd, weliswaar met tegenstrijdige bevindingen. Gezien de meeste afbraakexperimenten maar uit twee strooiselsoorten bestaan, is het moeilijk af te leiden of de vastgestelde effecten een diversiteits-, dan wel een soortenidentiteitseffect aantonen (zie bijvoorbeeld 16). In een recente studie waarbij de afbraaksnelheid van acht monoculturen werd vergeleken met alle mogelijke tweesoortencombinaties, varieerde het effect van één soort op de afbraaksnelheid van een andere soort tussen -2 % (antagonistisch effect) en +4 % (synergistisch effect) (17).

Interactiemechanismen bij menging van strooisels

Hättenschwiler et al. (24) onderscheidden vier complexe mechanismen die mogelijk betrokken zijn bij strooiselmengingsinteracties: nutriëntentransfer tussen strooiseltypes, stimulerende of remmende werking van specifieke strooiselcomponenten (bv. polyfenolen), verandering van microklimaat en/of habitatdiversiteit, en interacties tussen trofische niveaus (bv. effecten van saprofage macrofauna).

Het mechanisme van nutriëntentransfer impliceert preferentiële consumptie van hoogwaardig strooisel door de micro-organismen, wat dan leidt tot hogere nutriëntbeschikbaarheid. Zo wordt nutriëntentransfer naar het laagwaardige strooisel mogelijk gemaakt, met een algehele stimulering van de afbraak tot gevolg. Het belang van dit proces wordt echter in vraag gesteld. Hoorens et al. (18) stelden bijvoorbeeld vast dat de grootte van de interactie tussen soorten niet gerelateerd was met de initiële strooiselchemie. Ook Chapman & Koch (19) vonden geen synergistische effecten tijdens de afbraak van functioneel sterk gediversifieerde strooiselmengsels. Hoorens et al. (17) vonden zelfs dat toevoeging van een relatief snel afbrekende soort de afbraak van de menging afremde.

Specifieke verbindingen kunnen de strooiselafbraak afremmen of stimuleren. Men veronderstelt bijvoorbeeld dat polyfenolen de afbraak afremmen. Hättenschwiler et al. (24) toonden echter aan dat fenolische verbindingen verschillende functies kunnen hebben tijdens de afbraak van strooiselmengsels.

Op microsite schaal kan verwacht worden dat de diversiteit aan strooiselcomponenten en hun resulterende structurele associatie leiden tot het ontstaan van contrasterende microhabitats en verschillende microklimatologische condities, met allerlei effecten op strooiselafbraak tot gevolg. Wardle et al. (20) stelden bijvoorbeeld vast dat de strooiselafbraak van bladeren versnelde in de aanwezigheid van vedermossen. De mossen konden door hun hoog waterophoudend vermogen blijkbaar de afbraak van het strooisel faciliteren.

Een voorbeeld van interacties over trofische niveaus heen werd geobserveerd door Hättenschwiler & Bretscher (21). Pissebedden bleken een voorkeur te vertonen voor het strooisel van sommige gemengde bestanden, vergeleken met homogene bestanden.

Conclusies

In gemengde bestanden zorgt de variatie in bladstrooiselproductie samen met de variatie in bodemmicroklimaat (die op zijn beurt het resultaat is van de lokale bestandstructuur in termen van dichtheid en boomsoortensamenstelling) voor variatie in afbraaksnelheid en dus in strooiselaccumulatie. In vergelijking met het effect van de strooiselkwaliteit lijkt het effect van het kronendak op het microklimaat klein. Het effect van menging van verschillende bladsoorten kan zowel louter additief zijn als niet-additief (ofwel synergistisch ofwel antagonistisch), afhankelijk van de groeiplaats en van de afbraakfase. Recente studies suggereren dat de factoren die strooiselafbraak controleren in volgorde van belang de strooiselkwaliteit (soorteffect), het bestandstype en de begeleidende soorten in de menging zijn. Hoewel de meeste studies maar naar mengingen van twee soorten keken, lijkt het er op dat voor de strooiselafbraak de identiteit van de soorten in de menging belangrijker is dan de soortendiversiteit *per se*. Verschillende mechanismen kunnen de interacties tussen soorten verklaren. Gezien al deze mechanismen kunnen interageren, is het op dit moment onmogelijk om het resulterende effect op strooiselafbraak te voorspellen.

Terwijl de diversiteit aan plantenmateriaal niet direct aanwijsbare effecten op de strooiselafbraak vertoont, blijken hogere niveaus van afbrekersdiversiteit consistent tot hogere afbraaksnelheden te leiden (22). Van de mechanismen die leiden tot dit contrasterend effect tussen diversiteit van afbrekers en af te breken materiaal is tot op heden maar weinig begrepen. Evenmin bestaat er veel inzicht in de relatie tussen strooiseldiversiteit en afbrekersdiversiteit. In elk geval lijkt de diversiteit aan bodemorganismen meer bepaald door de specifieke identiteit van plantensoorten dan door plantendiversiteit (23).

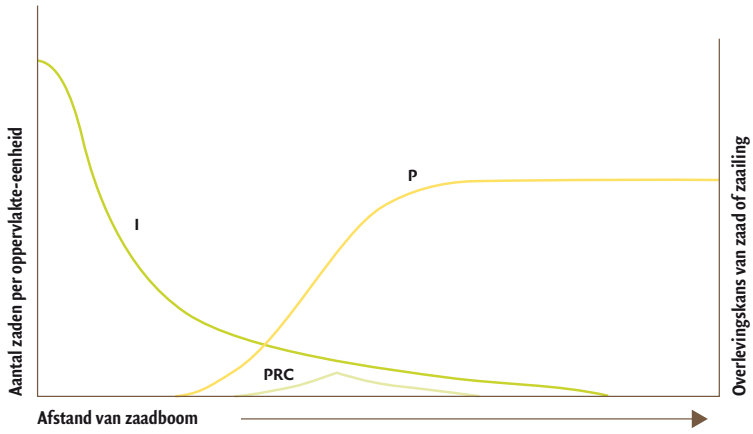
Gezien de boomsoort de bepalende factor is voor de strooiselafbraak in een gegeven groeiplaats, is het nog steeds zeer zinvol om de boomsoortenkeuze mede te bepalen op basis van indicatoren als de C:N of de lignine:N ratio van het bladstrooisel (Fig. 3). De huidige stand van de kennis suggereert dat de strooiselafbraak in een gemengd bestand niet ver zal afwijken van hetgeen kan verwacht worden op basis van het relatieve aandeel in de strooiselproductie van de aanwezige mengsoorten.

Weerstand en veerkracht van gemengde bestanden

Jean-Claude Grégoire

Plagen, pathogenen, onkruiden, vuur, droogte, sneeuw en wind bedreigen bomen en bossen en kunnen omvangrijke schade veroorzaken. In de winter van 2009 velde de storm Klaus alleen al in de Landes (Zuidwest-Frankrijk), 37,1 million m³ zeeden (Inventaire Forestier National: http://www.ifn.fr). Aantasting door een keversoort *(Dendroctonus ponderosae)* veroorzaakte sterfte van vrijwel alle lodgepole dennen *(Pinus contorta)* in een gebied van meer dan 13 miljoen ha in het westen van Canada sinds 1999 (1).

Over het algemeen wordt meer aandacht geschonken aan de impact van dergelijke verstoringen op de biodiversiteit dan omgekeerd. In deze bijdrage zal daarom bekeken worden of boomsoortensamenstelling en -diversiteit van een bosbestand een effect heeft op de weerstand tegen biotische en abiotische stressfactoren.



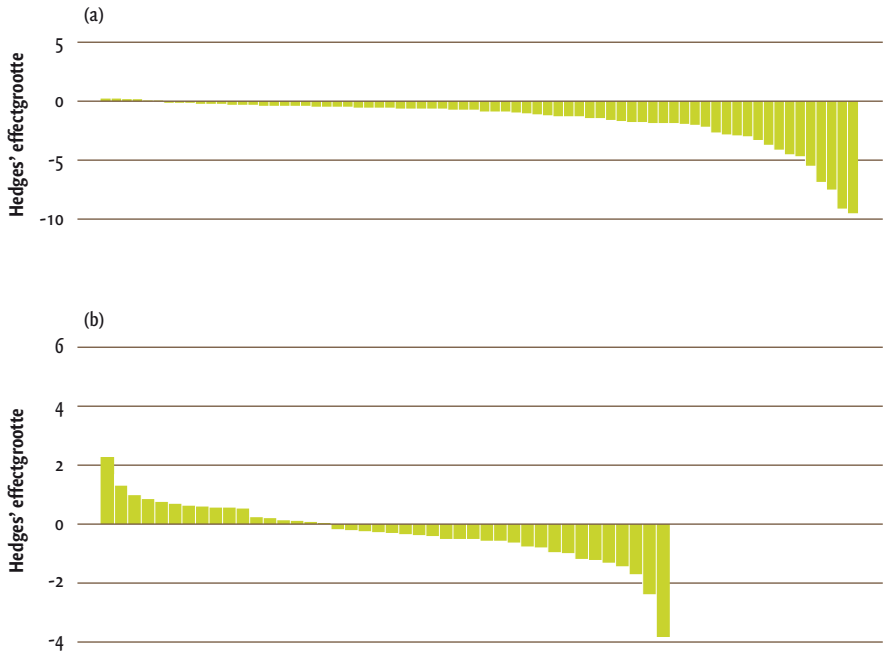
Figuur 1: Het model van Janzen (2), dat de kans weergeeft dat zaden en zaailingen kunnen doorgroeien. Bij toenemende afstand tot de zaadboom neemt de dichtheid van het aantal zaden snel af (I), maar de kans dat een zaad of een zaailing niet wordt aangetast door een herbivoor of pathogeen, neemt toe (P). De combinatie van beide functies resulteert in een grafiek die de vestigingskans (PRC) weergeeft. Deze functie vertoont een optimum bij een bepaalde afstand tot de zaadboom (Bron: Janzen 1970 (2)).

Een klassiek voorbeeld van de impact van menging op de mate van predatie is het Janzen-Connell model (Fig. 1). In tropische bossen werd vastgesteld dat predatie van zaden en zaailingen aanleiding kan geven tot ruime afstanden tussen individuele bomen van eenzelfde soort (2). De gaten tussen individuen van dezelfde soort, die worden gevuld door andere soorten, zorgen voor een menging van soorten die de impact van herbivoren op verjongende bomen minimaliseert.

Door de lange levensduur van bomen en de trage ontwikkelingstijd van bosecosystemen komt de meeste informatie over interacties tussen boomsoortenmenging en de weerstand tegen biotische en abiotische stressfactoren van (observationele) gevalstudies in één of meerdere bosbestanden (3; 4; 5; 6; 7).
Er bestaan evenwel verschillende overzichten van deze bijzonder heterogene literatuurgegevens (algemeen: 8; insecten: 9; 10; 11, 12; pathogenen: 13; wind: 14). De grondigste overzichten zijn de meta-analyses over de impact van herbivore insecten in al dan niet gemengde bosbestanden (15; 16; 17) die in de volgende paragraaf het meest uitgebreid besproken worden.

Overzicht van de literatuur

Na analyse van 54 gevalstudies over 30 boomsoorten en 28 insectensoorten, besloten Jactel et al. (15) dat een hoge diversiteit van booomsoorten meestal gepaard gaat met een lagere abundantie van plagen. Een uitbreiding van de meta-analyse tot 119 studies bevestigde de conclusies (16). De uitgebreide studie kon bovendien een duidelijk onderscheid maken tussen sterk gespecialiseerde soorten en generalistische soorten die zich voeden met vele boomsoorten. Menging van boomsoorten bleek vooral de vraat van gespecialiseerde herbivore insecten te reduceren (zie Fig. 2). De analyse toonde ook aan dat de specifieke boomsoorten die aanwezig zijn in de menging, belangrijker zijn dat de boomsoortendiversiteit op zich (zie Branquart & De Keersmaeker p. 6).
Vehvilainen et al. (17) bestudeerden vraat op drie boomsoorten in zeven langetermijnexperimenten. Dit onderzoek bevestigde dat de respons van herbivore insecten wordt bepaald door de identiteit van de boomsoorten die aanwezig zijn in een menging, maar toonde ook aan dat verschillende organismegroepen specifiek reageren. In dit onderzoek waren enkel bladmineerders minder talrijk in een menging dan in monospecifieke bestan-



Figuur 2: Overzicht van de effectgroottes van individuele gevalstudies die schade door (a) gespecialiseerde en (b) generalistische herbivore insecten hebben vergeleken in homogene en gemengde bestanden. Negatieve waarden van de effectgrootte stemmen overeen met gevalstudies waarin gemengde bestanden geassocieerd worden met een lagere abundantie van herbivore insecten. Uit de vergelijking van de twee figuren is het duidelijk dat menging een groter effect heeft op gespecialiseerde herbivore insecten dan op generalisten (Bron: Jactel et al. 2007 (16)).

den, en dit voor de drie onderzochte boomsoorten. De respons van de andere organismegroepen was sterk afhankelijk van de boomsoort.

De processen die de weerstand en veerkracht van gemengde bossen bevorderen of verminderen tegen aantasting door herbivore arthropoden, kunnen in drie klassen worden ingedeeld (15):

- In gemengde bestanden zijn bomen die gastheer zijn voor deze organismen, minder bereikbaar door fysische en chemische barrières. De gastbomen zijn namelijk minder talrijk in gemengde bestanden, ze zijn fysisch of zelfs chemisch (door geuren van andere soorten) 'verstopt' tussen ongeschikte bomen (3; 4).
- Gemengde bossen begunstigen natuurlijke vijanden van herbivore arthropoden, door meer alternatieve gasten of prooien (6), schuilplaatsen en voedsel aan te bieden voor adulten van soorten die als juveniel parasiteren op herbivore arthropoden.
- In gemengde bestanden worden generalistische herbivore arthropoden, die zich voeden met meerdere boomsoorten, begunstigd boven specialistische soorten, omdat gemengde bestanden de mogelijkheid bieden om uit te wijken naar een andere gastboomsoort. Gemengde bestanden kunnen ook alle vereiste gasten aanbieden aan soorten die in de loop van hun levenscyclus meerdere boomsoorten nodig hebben (zie ook Branquart & De Keersmaeker p. 6).

Er blijkt een nauw verband te bestaan tussen boomsoortendiversiteit en aantastingen door pathogene schimmels (13): een hoge boomsoortendiversiteit zou een bos minder vatbaar maken voor deze aantastingen.

De mate waarin wind en vuur schade kunnen toebrengen aan gemengde bestanden hangt af van de intrinsieke stabiliteit die eigen is aan de boomsoort en van het relatieve aandeel van de boomsoorten in de menging (14). Globaal kon geen eenduidige relatie worden vastgesteld tussen een menging van boomsoorten en de weerstand van bosbestanden tegen windval. In sommige gevallen werd geen effect van bijmenging van loofboomsoorten in fijnsparbestanden vastgesteld, terwijl in andere gevallen een bijmenging van 10-20 % loofbomen of douglasspar de stabiliteit van fijnspar met een factor 3 tot 4 deed toenemen.

Kennishiaten en toekomstig onderzoek

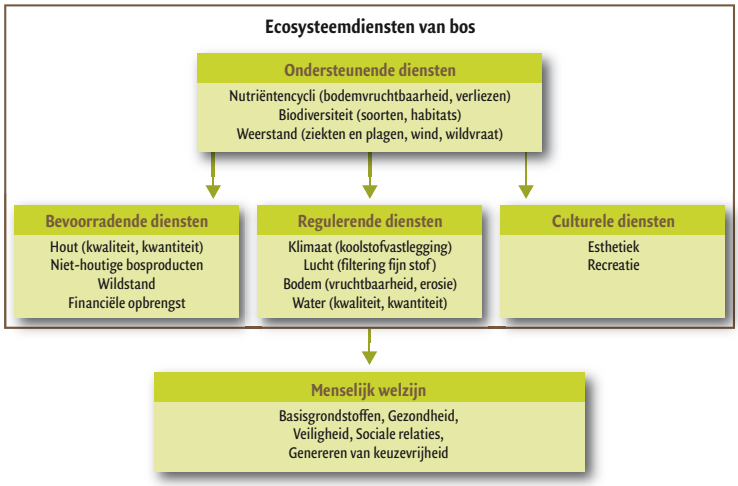
Bij het samenstellen van dit beknopte literatuuroverzicht kwam nogmaals naar voren dat allerhande gecorreleerde kenmerken van het bos en de bosbestanden waarin onderzoek werd uitgevoerd, ondubbelzinnige uitspraken over de relaties tussen menging van boomsoorten en de stabiliteit van bossen vertroebelen.

We hopen dat de gecontroleerde, lange termijnexperimenten die recent werden opgestart (zie kaderstuk p. 5) ons zullen toelaten dergelijke ongewenste ruis weg te filteren en meer te weten te komen over het functioneren van homogenen en gemengde bossen.

De percepties van bosgebruikers over de ecosysteemdiensten die gemengde bossen leveren

'Societies interpret their environment according to the way they manage it, and they manage their environment according to the way they interpret it' (1)

Monique Carnol & Kris Verheyen



Figuur 1: Ecosysteemdiensten van bos en hun relatie met het menselijk welzijn (aangepast op basis van van Millenium Ecosystem Assessment 2005 (3); zie ook Verheyen p. 2).

Het bosbeheer staat voor grote uitdagingen, onder andere om de bossen aan te passen aan de veranderende klimatologische condities (2). Daarbij moet enerzijds getracht worden de vitaliteit van de bossen te bewaren maar anderzijds moet ook getracht worden om de effectverzachtende rol van bossen zoveel als mogelijk uit te spelen zodat deze ook in de toekomst nog in belangrijke mate koolstof kunnen blijven vastleggen. Op dit moment fixeert het Europese bos bijvoorbeeld 12% van de jaarlijkse CO_2 emissies afkomstig uit fossiele brandstoffen. Dit voorbeeld illustreert dat bossen niet enkel belangrijk zijn voor de productie van hout maar ook voor het verschaffen van allerlei andere ecosysteemdiensten. De 'Millenium Ecosystem Assessment' (3), in het bijzonder, biedt in dit opzicht een erg waardevol conceptueel denkkader (zie ook Verheyen p. 2).

Mensen verwachten van bossen dat deze een steeds breder wordend spectrum van goederen en diensten leveren. Dit heeft ertoe geleid dat er steeds meer aandacht uitgaat naar de omvorming van homogene, gelijkjarige bossen met voornamelijk een productiefunctie naar meer gemengde bostypes met – in onze contreien – een dominantie van loofboomsoorten (zie ook 4).
Om dergelijke omvormingen te doen slagen is het enerzijds belangrijk een goed begrip te hebben van het functioneren van gemengde bossen, maar daarnaast is het ook belangrijk om inzicht te verkrijgen in de percepties van bosgebruikers over homogene vs. gemengde bossen. De term bosgebruikers (E: 'Stakeholders') wordt hier breed gedefinieerd en omvat onder andere eigenaars, beheerders, exploitanten, recreanten en jagers.

De doelstelling van deze studie was bijgevolg om de overeenkomsten en verschillen te analyseren tussen de actuele wetenschappelijke inzichten over het functioneren van homogene versus gemengde bossen en de percepties die bosgebruikers daarover hebben. Door middel van een enquête werd een antwoord gezocht op volgende specifieke vragen:

a Wat is de perceptie van bosgebruikers over de mate waarin gemengde bossen ecosysteemdiensten kunnen leveren in vergelijking met homogene bossen?
b Hebben de verschillende bosgebruikers verschillende percepties?
c Komen de percepties overeen met de actuele wetenschappelijke kennis?

Enquête

De percepties van bosgebruikers over gemengde versus homogene opstanden werd onderzocht in Vlaanderen en Wallonië door middel van een webgebaseerde enquête, geïmplementeerd in SurveyMonkey. Deze enquête werd in beide regio's via email verspreid naar sleutelpersonen bij de verschillende groepen van bosgebruikers (leden van NGO's, openbare en private bosbeheerders, wetenschappers, eigenaars,...). In het eerste deel van de enquête werd kort de doelstelling van de bevraging toegelicht en werd duidelijk gedefinieerd wat bedoeld wordt met homogene versus gemengde bossen. Deze laatste werden in deze enquête

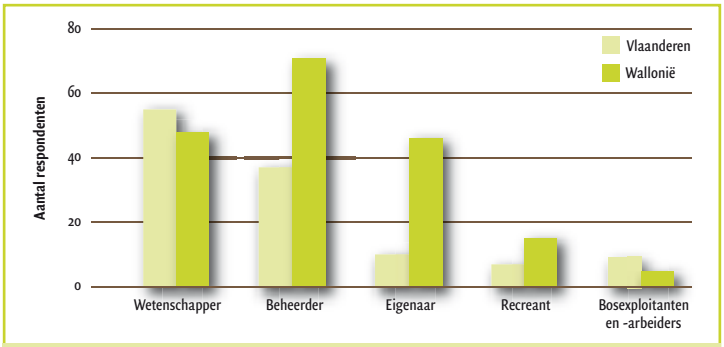
gedefinieerd als bestanden met minstens twee boomsoorten die allemaal een significant deel van de bomenpopulatie uitmaken en individueel of groepsgewijze gemengd voorkomen. De boomsoorten onder beschouwing kunnen zowel inheems als uitheems zijn. De ontwikkelingsfase en groeiplaatscondities in de homogene en gemengde bestanden worden verondersteld gelijk te zijn.
Als algemeen kader voor de vragenlijst werd de indeling van ecosysteemdiensten volgens de 'Millenium Ecosystem Assessment' gebruikt (Fig. 1). Eerst werd de respondenten gevraagd om een hele reeks ecosysteemdiensten te associëren met gemengde dan wel homogene bestanden. Daarna moesten de respondenten aangeven in welke mate ze akkoord waren met stellingen over de verschaffing van ondersteunende diensten, bevoorradingsdiensten, regulerende diensten en culturele diensten in gemengde versus homogene bestanden. De stellingen werden in willekeurige volgorde aangebracht en er werd nooit een expliciete link gemaakt met de categorieën van de 'Millenium Ecosystem Assessment'. Daarnaast werd er ook voor gezorgd dat bij het formuleren van de stellingen zowel positieve associaties tussen ecosysteemdiensten en gemengde bestanden als met homogene bestanden gemaakt werden. Op het einde van de enquête werden nog enkele bijkomende vragen gesteld over het profiel van de respondenten en, indien relevant, over de beheerdoelstellingen die ze nastreven. De respondenten kregen een maand de tijd om de enquête in te vullen.

Percepties over ecosysteemdiensten in gemengde versus homogene opstanden

Profiel van de respondenten

Bij het uitzenden van de enquête werden 11 gebruikersgroepen gedefinieerd, maar naderhand bleek dat er een zekere overlap aanwezig was tussen een aantal groepen en daarom werd besloten bij de verwerking van de gegevens slechts vijf gebruikersgroepen te weerhouden: boseigenaars, bosbeheerders, wetenschappers, bosexploitanten en -arbeiders en recreanten. Voor wetenschappers die daarnaast ook nog een andere categorie aanduidden, werd enkel de categorie wetenschappers weerhouden omdat verondersteld wordt dat hun zienswijze vooral beïnvloed wordt door de toegang die ze hebben tot de wetenschappelijke literatuur. Eigenaars die ook beheerders zijn, werden gecatalogeerd als beheerders.

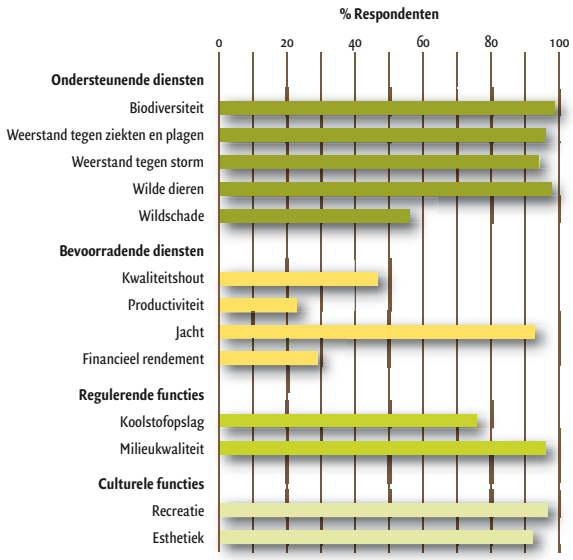
Na verwijdering van een handvol onvolledige enquêtes bleven 303 bruikbare enquêtes over; 185 Waalse en 118 Vlaamse (Fig. 2). Er was een significant verschil in het relatief aandeel van de vijf bosgebruikersgroepen tussen beide regio's. Het relatief aantal beheerders, eigenaars en recreanten was hoger in Wallonië, terwijl het relatieve aandeel wetenschappers die de enquête beantwoord hebben hoger was in Vlaanderen (47% van de respondenten in Vlaanderen versus 26% in Wallonië).



Figuur 2: Aantal ingevulde enquêtes per gebruikergroep in Vlaanderen (n = 118) en in Wallonië (n = 185).

Associaties van ecosysteemdiensten met gemengde bossen

Meer dan 90% van de respondenten associeert de verschaffing van de overgrote meerderheid van de ondersteunende, regulerende en culturele ecosysteemdiensten met gemengde opstanden (Fig. 3). Wildschade (56% van de respondenten) en koolstofopslag (76% van respondenten) werd door minder respondenten geassocieerd met gemengde bossen. De bevoorradingsdiensten werden, met uitzondering van jacht, vooral geassocieerd met homogene bossen.



Figuur 3: Overzicht van de percentages van de respondenten die de verschaffing van de opgelijste ecosysteemdiensten associëren met gemengde bossen.

Er werden beperkte regionale verschillen waargenomen in de mate waarin de ecosysteemdiensten geassocieerd werden met gemengde bossen (Tabel 1): in Vlaanderen associeerden een lager aandeel respondenten gemengde bossen met de productie van kwaliteitshout en met een hoge productiviteit.
De verschillen tussen de gebruikersgroepen waren meer uitgesproken (Tabel 2). In vergelijking met wetenschap-

pers, associëren boseigenaars, bosexploitanten en -arbeiders gemengde opstanden in mindere mate met de weerstand tegen ziektes en wildschade, de productie van kwaliteitshout, koolstofopslag, milieukwaliteit, recreatie en esthetiek. Ook het aandeel beheerders dat gemengde bossen associeert met kwaliteitshout en koolstofopslag is lager dan bij wetenschappers.
Het dient, ten slotte, opgemerkt te worden dat de percentages enkel bij de productie van kwaliteitshout lager zijn dan 50% dus de meerderheid van de respondenten associeert alle andere diensten met gemengde bestanden.

Tabel 1: Regionale verschillen in het percentage respondenten dat bepaalde ecosysteemdiensten associëert met gemengde bossen (enkel diensten die significant verschillen tussen regio's werden opgelijst).

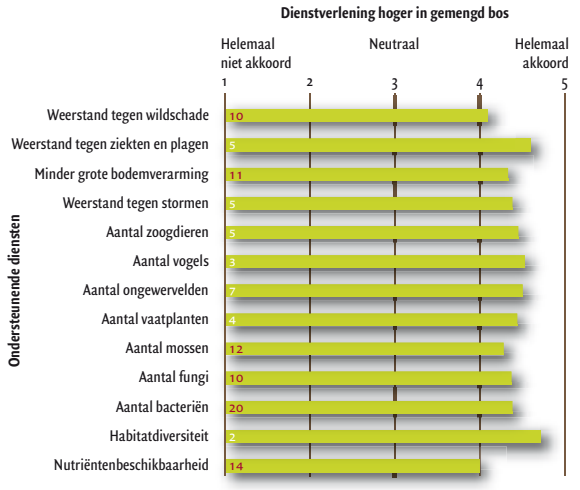
Ecosysteemdienstengroep	Vlaanderen	Wallonië
Bevoorradende diensten		
Kwaliteitshout	39	51
Productiviteit	12	30

Tabel 2: Overzicht van het percentage respondenten per gebruikersgroep dat bepaalde ecosysteemdiensten associëert met gemengde bossen (enkel diensten die significant verschillen tussen gebruikersgroepen werden opgelijst).

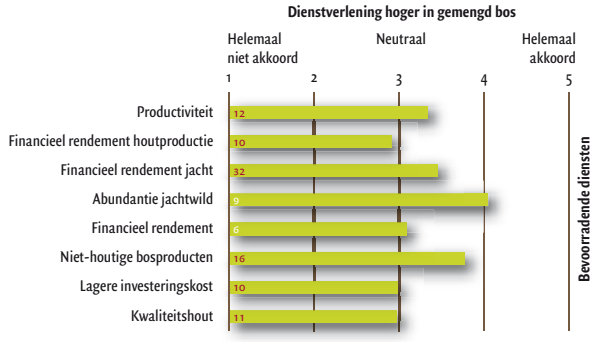
Ecosysteem-dienstengroep	Weten-schapper (n = 103)	Beheerder (n = 108)	Eigenaar (n = 56)	Recreant (n = 22)	Bos-exploitanten en -arbeiders (n = 14)
Ondersteunende diensten					
Weerstand tegen ziekten en plagen	100	97	88	95	93
Wilde dieren	100	99	95	100	86
Wildschade	46	63	63	45	71
Bevoorradende diensten					
Kwaliteitshout	59	43	36	36	43
Regulerende functies					
Koolstofopslag	84	70	64	91	79
Milieukwaliteit	99	97	89	100	86
Culturele functies					
Recreatie	100	96	91	100	93
Esthetiek	98	95	79	91	86

Leveren gemengde bossen meer ecosysteemdiensten?

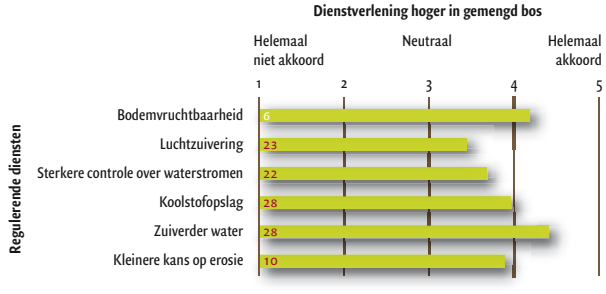
Bij de bosgebruikers was er een algemene consensus dat de ondersteunende diensten beter scoren in gemengde bossen (Fig. 4). Het is vermeldenswaardig dat bij bepaalde diensten die gerelateerd zijn met geassocieerde biodiversiteit en bodemkwaliteit meer dan 10% van de respondenten aangaven dat ze zich geen mening konden vormen over deze diensten.
De bevoorradende diensten scoorden eerder neutraal (Fig. 5), i.e. geen van beide bostypes scoorde duidelijk beter. Enkel de dichtheden groot wild en de hoeveelheid niet-houtige bosproducten werden verondersteld hoger te zijn in gemengde bossen.
Ook de regulerende diensten werden over het algemeen hoger gescoord in gemengde opstanden, maar ook in dit geval is er een belangrijk aandeel van de respondenten die geen idee hadden (Fig. 6). De culturele diensten, ten slotte, werden ook duidelijk hoger gescoord in gemengde opstanden (resultaten niet getoond).



*Figuur 4: Overzicht van de mening van de respondenten over de mate waarin **ondersteunende diensten** beter scoren in gemengde bossen. De schaal in enquête variëerde tussen 1 (helemaal niet akkoord) en 5 (helemaal akkoord; n=303). De cijfers achter de diensten geven het percentage respondenten aan dat zich geen mening kon vormen (rood indien > 10%).*



*Figuur 5: Overzicht van de mening van de respondenten over de mate waarin **bevoorradende diensten** beter scoren in gemengde bossen. De schaal in enquête variëerde tussen 1 (helemaal niet akkoord) en 5 (helemaal akkoord; n=303). De cijfers achter de diensten geven het percentage respondenten aan dat zich geen mening kon vormen (rood indien > 10%).*



*Figuur 6: Overzicht van de mening van de respondenten over de mate waarin **regulerende diensten** beter scoren in gemengde bossen. De schaal in enquête variëerde tussen 1 (helemaal niet akkoord) en 5 (helemaal akkoord; n=303). De cijfers achter de diensten geven het percentage respondenten aan dat zich geen mening kon vormen (rood indien > 10%).*

Tabel 3: Overzicht van de mate waarin de gebruikersgroepen een hogere dienstverlening toedichten aan gemengde bossen. De schaal in enquête variëerde tussen 1 (helemaal niet akkoord) en 5 (helemaal akkoord; n=303). Enkel diensten die significant verschillen tussen gebruikersgroepen werden opgelijst.

Ecosysteem-dienstengroep	Weten-schapper (n = 103)	Beheerder (n = 108)	Eigenaar (n = 56)	Recreant (n = 22)	Bos-exploitanten en -arbeiders (n = 14)
Bevoorradende diensten					
Niet-houtige bosproducten	3,9	3,5	3,8	4,3	3,8
Financieel rendement	3,4	3,1	2,8	2,9	2,9
Financieel rendement houtproductie	3,2	2,9	2,6	2,7	2,8
Productiviteit	3,7	3,4	2,9	3,2	2,9

Tussen de bosgebruikers werden vooral verschillen gevonden in de bevoorradingsdiensten waarbij de eigenaars over het algemeen een minder goede dienstverlening toeschrijven aan gemengde opstanden, terwijl de wetenschappers een betere dienstverlening veronderstellen dan in homogene opstanden (Tabel 3).

Vergelijking van de percepties van de bosgebruikers met de wetenschappelijke kennis

Uit de enquêteresultaten komt duidelijk naar voor dat bosgebruikers over het algemeen geloven dat de ondersteunende diensten beter scoren in gemengde bossen. Dit komt in grote lijnen overeen met de bevindingen in de wetenschappelijke literatuur (zie ook Branquart & De Keersmaeker, p. 6 en Grégoire, p. 16), maar de volgende kanttekeningen moeten gemaakt worden: het aantal wetenschappelijke studies die ondubbelzinnige uitspraken over deze thema's toelaten is beperkt en daarnaast blijkt uit de wetenschappelijke literatuur dat de effecten van boomsoortendiversiteit in heel belangrijke mate bepaald worden door de identiteit van de boomsoorten die aanwezig is in de menging. Een diversiteitseffect per se is slechts in beperkte mate aanwezig. Over het algemeen veronderstellen de respondenten dat de bevoorradende diensten in gemengde bossen lager of gelijk zijn aan deze in homogene bossen, wat niet helemaal overeen komt met de wetenschappelijke literatuur waar zowel een lagere, een gelijke en een hogere productiviteit gevonden werd in gemengde bossen (zie ook Muys & Aubinet p. 9). De grote variatie in de effecten van boomsoortendiversiteit op productie is ten dele te wijten aan allerhande ruisfactoren waarvoor niet kon gecontroleerd worden bij de analyses. Anderzijds bepaalt ook in dit geval de identiteit van de aanwezige boomsoorten in de menging in belangrijke mate het resultaat. De financiële opbrengst werd door de respondenten duidelijk lager ingeschat in gemengde bossen. Dit wordt echter niet bevestigd door Knoke et al. (5) die aantonen dat gemengde bossen op lange termijn waarschijnlijk een economisch voordeel hebben omdat de risico's op inkomstenverlies (bijvoorbeeld door veranderingen in de markt, stormschade,...) er kleiner zouden zijn. Maar ook hier is er nood aan meer onderzoek. Over de regulerende diensten is nog weinig wetenschappelijke informatie beschikbaar, alhoewel de respondenten toch een hogere graad van dientsverlening toeschrijven aan de gemengde bossen. Tabel 4 vat de resultaten van deze vergelijking nog eens samen.

Tabel 4: Vergelijking van de perceptie van de respondenten over ecosysteemdiensten in gemengde bossen in vergelijking met de bevindingen in de wetenschappelijke literatuur. +: dienstverlening wordt beter geacht in gemengde bossen; - dienstverlening beter in homogene bossen. Enkel de ecosysteemdiensten waarvoor wetenschappelijke informatie beschikbaar is, werden opgelijst.

Ecosysteem-dienstengroep	Perceptie van respondenten	Wetenschappelijke Literatuur	Overeenkomst
Ondersteunende diensten			
Biodiversiteit	+	+ (?)	ja
Weerstand tegen storm	+	+/=	ja
Weerstand tegen ziekten en plagen	+	+	ja
Bevoorradende diensten			
Kwaliteitshout	-/=	?	
Productiviteit	-/=	+/-/?	
Financieel rendement	-	+	nee
Regulerende diensten			
Koolstofopslag	+	=/?	nee

Conclusies

Uit de enquête blijkt dat de mate waarmee ondersteunende, regulerende, culturele diensten en één bevoorradende dienst (jacht) geleverd kunnen worden hoger wordt ingeschat in gemengde dan in homogene bossen. De mate waarmee de meeste bevoorradende diensten verschaft zouden kunnen worden verschilt volgens de respondenten niet tussen gemengde en homogene bossen of is zelfs hoger in deze laatste. Een significant percentage van de respondenten gaf ook aan niet te weten of een bepaalde ecosysteemdienst, in het bijzonder bij de groep van regulerende en ondersteunende diensten, hoger of lager zou kunnen zijn. Dit kan als een aandachtspunt beschouwd voor verdere informatieverstrekking.

De percepties van de verschillende bosgebruikers waren niet helemaal dezelfde. Vooral tussen wetenschappers en boseigenaars waren er duidelijke verschillen: boseigenaars waren het minst van al overtuigd van de economische meerwaarde van gemengde bossen. De confrontatie met de wetenschappelijke literatuur toonde aan dat de overtuiging die leeft bij de verschillende bosgebruikers in vele gevallen (nog) niet kan gestaafd worden met wetenschappelijke onderzoeksresultaten en dat een meer genuanceerd antwoord op de vraag of gemengde bossen al dan niet beter functioneren aan de orde is.

Dankwoord

Via deze weg willen we André Heughebaert hartelijk bedanken voor de implementatie van de webgebaseerde enquête en Pascal Detroz en Marc Mormont voor hun commentaren op een eerdere versie van de enquête.

Conclusies

Kris Verheyen

Het laatste decennium is het inzicht gegroeid dat het behoud van biodiversiteit van groot belang is om ook in de toekomst nog te kunnen genieten van de talrijke diensten die ecosystemen ons leveren. In bossen staat het onderzoek naar functionele biodiversiteit nog in zijn kinderschoenen en de gepresenteerde synthese van de onderzoeksresultaten (Verheyen p. 2) totnogtoe maakt duidelijk dat ondubbelzinnige conclusies over het belang van boomsoortendiversiteit voor het functioneren van bosecosystemen nog niet getrokken kunnen worden

Uit de gepresenteerde syntheses bleek dat met gemengde bossen over het algemeen een hogere rijkdom aan soorten geassocieerd is, maar dat er slechts een beperkt aantal soorten is die meerdere boomsoorten nodig hebben om hun levenscyclus te voltooien en dat de effecten van menging sterk afhankelijk zijn van de identiteit van de soorten in de menging (Branquart & De Keersmaeker p. 6). Dit boomsoorteffect bleek ook belangrijk om de geobserveerde relaties tussen boomsoortendiversiteit en productiviteit (Muys & Aubinet p. 9) en tussen boomsoortendiversiteit en de snelheid van strooiselafbraak (Ponette p. 12) te verklaren. Zowel in het geval van productiviteit als bij strooiselafbraak werden additieve, niet-additieve antagonistische en niet-additieve synergistische effecten waargenomen die bovendien kunnen variëren naargelang de groeiplaatscondities. Daarbij moet wel de kanttekening geplaatst worden dat deze conclusies vooral gebaseerd zijn op studies waarbij de mengingen uit slechts twee soorten bestaan en dat er vaak niet gecontroleerd kon worden voor de ruis veroorzaakt door allerhande andere factoren, zoals verschillen in beheer en historisch landgebruik. De meeste informatie over de relatie tussen boomsoortendiversiteit en stabiliteit is afkomstig van studies die de schade door herbivore insecten geëvalueerd hebben in gemengde versus homogene bossen (Grégoire p. 16). Over het algemeen werd minder schade vastgesteld in gemengde bestanden maar ook hier was het effect wederom sterk boomsoortafhankelijk en daarnaast ook van het type herbivoor dat bestudeerd werd (bv. generalisten versus specialisten). Er is slechts weinig informatie beschikbaar over de relaties tussen boomsoortendiversitet en de weerstand tegen abiotische stress.

Dit sterk genuanceerd beeld dat naar voor komt uit de analyse van de wetenschappelijke literatuur contrasteert met de erg uitgesproken opinies die leven bij de bosgebruikers (Carnol & Verheyen p. 18). Uit de enquête blijkt dat de mate waarmee ondersteunende, regulerende, culturele diensten en één bevoorradende dienst (jacht) geleverd kunnen worden hoger wordt ingeschat in gemengde dan in homogene bossen. De mate waarmee de meeste bevoorradende diensten verschaft zouden kunnen worden verschilt volgens de respondenten niet tussen gemengde en homogene bossen of is zelfs hoger in deze laatste. De analyse van de literatuur geeft evenwel duidelijk aan dat veralgemeningen met betrekking tot het functioneren van gemengde versus homogene bossen vermeden moeten worden. Ontrafelen welke soortencombinaties het meest optimale spectrum van ecosysteemdiensten kunnen leveren op een bepaalde groeiplaats is een van de grote wetenschappelijke uitdagingen waarvoor we staan. Daarbij is het van groot belang dat ook de andere dan de bevoorradende functies op een of andere manier gevalueerd zullen kunnen worden zodat deze op een volwaardige manier kunnen meegenomen worden bij de evaluatie van de soortskeuze. Een andere grote wetenschappelijke uitdaging is te bepalen welke de optimale ruimtelijke en temporele schaal is bij het mengen van boomsoorten. In dit themanummer hebben we vooral gefocust op boomsoortenmeningen op de schaal van een bestand, maar – afhankelijk van de beschouwde ecosysteemdienst – kan het misschien zinvoller zijn om de menging op het niveau van het boscomplex te beschouwen en te werken met homogene bestanden van verschillende soorten. Er is dus nog werk aan de winkel... !

De Revue gepasseerd

BIODIVERSITEIT IN BELGIË

2010 is internationaal jaar van de biodiversiteit. Onder de naam 'Countdown 2010' wil de IUCN (International Union for Conservation of Nature) overheden en andere maatschappelijke organisaties mobiliseren om het verlies aan biodiversiteit tegen 2010 te stoppen. Dit drietalige fotoboek sluit daar perfect bij aan. In België leven er meer dan 40.000 verschillende soorten planten en dieren. 'Biodiversiteit in België' brengt deze enorme verscheidenheid in beeld aan de hand van honderd zorgvuldig gekozen organismen. Laat je verrassen door hun boeiende en merkwaardige levensverhaal: ze zijn het resultaat van miljoenen jaren evolutie en kennen een veel langere geschiedenis dan wij. Maak kennis met de mierenleeuw, de vuursalamander en de tijgerspin. Leer alles over trilgras, de eikelmuis en judasoor. Stuk voor stuk bijzondere soorten die dringend bescherming nodig hebben, want de biodiversiteit krijgt dagelijks harde klappen te verduren in de hele wereld.

Auteurs: Herman Dierickx en Marc Slootmaekers
Uitgever: Davidsfonds
Uitvoering: 194 p., 29 x 26 cm, genaaid gebonden, full colour
ISBN: 978 90 5826 678 1
Prijs: 45 euro

FOTOGIDS MOSSEN

Met deze nieuwe uitgave van de KNNV Uitgeverij wordt het herkennen van mossen wel heel gemakkelijk. full colour foto's kan de lezer ruim 600 soorten mossen in een oogopslag op naam brengen. Door de indeling per groeiplaats, zijn zowel zeldzame als veelvoorkomende soorten in elk gebied snel terug te vinden. In een vaste volgorde komen de specifieke kenmerken aan bod, waaronder de groeivorm, vertakking en blad. De nadruk ligt op veldkenmerken en de verschillen met vermeende dubbelgangers. Het boek geeft tenslotte ook nuttig advies over loepgebruik om de optische finesse van het instrument optimaal te benutten. Tips over het bewaren en ordenen van soorten helpen de lezer op weg om een herbarium aan te leggen.

Auteurs: Klaas van Dort, Chris Buter
Fotograaf: Bart Horvers
Uitgever: KNNV Uitgeverij
Uitvoering: 384 p., 16.5 x 24.5 cm, genaaid gebonden, full colour
ISBN: 978 90 5011 312 0
Prijs: 49.95 euro

NAAR MEER NATUUR IN TUIN, PARK EN LANDSCHAP

Natuurontwikkeling gaat niet vanzelf. Bodem en grondwater moeten in orde zijn, en niet ieder natuurtype is overal op zijn plaats. Voor wie de uitdaging aangaat, is er deze praktische handleiding voor natuurontwikkeling in tuin, park en landschap. 'Naar meer natuur in tuin, park en landschap' is toegankelijk opgezet, rijk geïllustreerd en voorzien van achtergrondinformatie en voorbeelden. Daardoor is het niet alleen geschikt voor professionele beheerders, maar ook voor ambitieuze particuliere tuin- en parkbezitters.

Auteurs: Ger Londo
Uitgever: KNNV Uitgeverij
Uitvoering: 20 p., 16 x 24 cm, genaaid gebonden, full colour
ISBN: 978 90 5011 306 9
Prijs: 34.95 euro

Boomzagerij Log-ic

Verzagen van boomstammen tot planken, kepers of balken

Bij u thuis, in het bos of op de werf

Werverbos, 24—2930 Brasschaat
Tel.: 0475 / 703.254 - Fax: 03 / 295.39.52
E-mail: zagerij@log-ic.be
Website: www.log-ic.be

In den Wäldern sind Dinge, über die nachzudenken, man jahrelang im Moos liegen könnte. (Franz Kafka)

Laat je in deze rubriek verwonderen door grappige, indrukwekkende en leerrijke boswaarheden uit het verleden. Eigen bijdragen en ideeën zijn steeds welkom op het redactieadres!

Het technofyticum van de Haida

Hans Baeté

Wat weten we over onze bosgeschiedenis van pakweg achtduizend jaar geleden? Diverse zienswijzen en onderzoeksresultaten doen de ronde, maar doorgaans worden onze vroege bosbewoners in een weinig verfijnde overlevingscultuur geplaatst. Men stelt ze bijvoorbeeld voor als in dierenhuiden gehulde jager-verzamelaars, die zich onder meer van stenen pijlpunten, silexbijltjes en huidschrabbers bedienen, hier en daar wat rotstekeningen maken en met wisselend succes geneeskrachtige planten gebruiken.

De traditionele levenswijze van de Haida-'indianen' in de gematigde klimaatzone van westelijk Canada opent echter een ander venster. Sinds mensenheugnis is de Haida-cultuur verbonden met de nog steeds dicht beboste Queen-Charlotte-eilanden voor de kust van British Columbia. Wie dit gebied bezoekt, beseft dat waterbestendige kledij, dito behuizing en betrouwbare kano's hier geen overbodige luxe zijn. Het regent er meer dan bij ons vandaag en waterwegen waren er tot voor kort de enige transportroutes. Toch moesten de Haida's tot in de twintigste eeuw hun comfort in en langs waters en bossen zien te vinden. Maar met welke gereedsschapskist? Metaal was hier zeldzaam en aardewerk vrijwel onbekend. Het gebrek aan metalen voorwerpen hadden de Haida's trouwens gemeen met de Maya's. De Maya-cultuur wordt daarom strikt genomen als een steentijdcultuur of lithicum beschouwd (verwijzend naar het Griekse woord voor steen: lithos). Omdat het omschrijven van de Maya's als een steentijdvolk niet goed rijmt met hun wetenschappelijke inzicht en technologisch geavanceerde manier van leven, spreken sommigen nu van een technolithicum.

Allemaal goed en wel, maar het gesofisticeerde gebruik van planten, zowel door Maya's als Haida's, blijft voor velen een onderbelichte zaak. Terwijl de Maya's met hennepvezels de langste hangbrug van de Oude Wereld construeerden, is ook de 'plantentechnologie' van de Haida's het benadrukken waard. Hun traditionele bewoning, kledij en gebruiksvoorwerpen zijn grotendeels van plantaardige oorsprong, terwijl de Maya's zich van hen onderscheiden door indrukwekkende stenen steden zoals Palenque en Tikal. Het plantaardig fundament van de Haida-cultuur wordt ondersteund door archeologische vondsten op plaatsen waar plantenresten van 'bodemvertering' worden gevrijwaard (bijvoorbeeld omdat ze door met water verzadigde modder zijn bedekt). Vandaar het idee om de term technofyticum te lanceren (fytos is Grieks voor plantaardig).

Figuur 1: Sneeuwschoen met taxushout (Taxus brevifolia), pop van wilgebast (Salix sp.), geweven mand van levensboombast (Thuja plicata), mand van berkebast met een rand van levensboom- en vogelkersbast (Prunus emarginata), lepel van berkehout (Betula papyrifera) en mandje van een zeggesoort (Carex obnupta).

Enkele realisaties van zo'n bosgerelateerd technofyticum zijn te zien op figuur 1. De naaldboom Thuja plicata – in het Nederlands bekend als levensboom – staat min of meer centraal in de Haida-cultuur. Figuur 2 toont de oogst van haar veelzijdig aangewende bast. Na een vakkundig splijtingsproces wordt het resultaat zachter gemaakt, bijvoorbeeld door er met taxushout (Taxus brevifolia) op te slaan. Het zware, dichte taxushout is tevens een goede

Figuur 2: Oogst van levensboombast op de Queen Charlotte-eilanden: met ervaring heen en weer bewegen...

Figuur 3: Visserskamp met matten van lisdodde (Typha latifolia), waterbestendige kledij met levensboombast en kano van levensboomhout.

keuze om houtbewerkers van wiggen en vissers van haken te voorzien. Met de bast van de sitkaspar (Picea sitchensis) worden nog steeds kook- en draagmanden vervaardigd. Daarbij dienen de wortels voor de naden en met gesmolten hars kan het geheel waterdicht worden gemaakt. Figuur 3 laat een overwegend plantaardig visserskamp in een ander deel van British Columbia zien. Met de Haida's en hun buren in het achterhoofd kunnen onderzoekers misschien ook bij ons voorbeelden van een verrassend technofyticum vanonder het mos, euh, de modder halen.

Meer info hans.baete@gmail.com

PEPINIERES – BOOMKWEKERIJEN

SYLVA

't HAND 10 – 9950 WAARSCHOOT – BELGIQUE

Tel: 0032-9-376-75-75 Fax: 0032-9-377-37-37

info@sylva.be www.sylva.eu

Producent van inheems en autochtoon bos- en haagplantsoen

Specialiteit:bosplantsoen, aanbevolen herkomsten, geselecteerde populieren

Erkende kwekerij van de UNAL-populieren en de nieuwe klonen:

GRIMMINGE, MUUR, OUDENBERG, VESTEN, BAKAN, SKADO,...

Vraag vrijblijvend informatie!

Vraag onze gratis catalogus aan!

'Deelnemer MPS A-label'

'Sierteler van het jaar' 2009

'Pioniersprijs diversiteit' 2009'

We hebben al 1 miljoen verlichtingspalen…

nu ook 1 miljoen bomen!

Zes miljoen Vlamingen gaan voor 1 miljoen bomen! De Vereniging voor Bos in Vlaanderen (VBV) wil iedereen aan het planten krijgen: bedrijven, landbouwers, grote steden, kleine dorpjes en iedere Vlaming met een lapje grond of enthousiaste groene vingers. Heeft u ook zo'n legendarische baksteen in de maag? Wel, zet er dan eens een boompje naast! Doet u mee? Plant uw bomen, leg uw bossen aan en registreer ze op onze website! Zo draagt u bij tot een groener en gezonder Vlaanderen. En tellen we samen verder naar 1 miljoen bomen!

SURF NAAR WWW.1MILJOENBOMEN.BE

Agentschap voor Natuur en Bos

PLANT FOR THE PLANET

VBV Vereniging voor Bos in Vlaanderen vzw

1 MILJOEN BOMEN VOOR VLAANDEREN

WWW.1MILJOENBOMEN.BE

Op zoek naar grond!

**Bomen genoeg. En tal van enthousiaste handen en stevige spades om ze in de grond te steken.
Alleen de gronden zijn erg moeilijk te vinden. Vierkante meters zijn nu eenmaal schaars in Vlaanderen.**

Heeft u zelf nog een lapje grond liggen? Bevinden zich in uw vriendenkring of familie nog enkele groot- of kleingrondbezitters? Weet u waar er in uw gemeente of provincie nog plaats is voor een bos? Bel ons op 09 264 90 50 of mail ons via info@1miljoenbomen.be Wij kunnen alle grondeigenaars (zowel private als openbare) bijstaan met zowel administratieve, inhoudelijke als financiële steun. Laat dus van u en uw gronden horen! En laat ons samen 1 miljoen bomen planten!