



Invloed van beekbegeleidende bomen op de ecologische kwaliteit van Noord-Brabantse beken

Ralf Verdonschot (Alterra Wageningen UR), Bart Brugmans (waterschap Aa en Maas), Mark Scheepens (waterschap De Dommel), Daniël Coenen (waterschap Brabantse Delta), Piet Verdonschot (Alterra Wageningen UR, Universiteit van Amsterdam)

Monitoringsdata van Brabantse beken laat zien dat bomen belangrijk zijn voor het halen van ecologische doelen. Echter, voor maximale effectiviteit met betrekking tot vegetatieontwikkeling en koeling van het beekwater voldoet alleen de zwaarste beschaduwingsklasse (>70%) en moet gestreefd worden naar lange beschaduwde trajecten. Macrofauna profiteert vooral via de door bomen gegenereerde substraatdifferentiatie. Het toepassen van beschaduwing brengt voor de waterschappen wel grote uitdagingen met zich mee. Verder blijkt uit de data-analyse dat jaarrond voldoende stroming een vereiste is voor de ecologische doelrealisatie in de trajecten.

Beekbegeleidend bos vervult een sleutelrol in laaglandbeken, bijvoorbeeld door het dempen van de watertemperatuur, vermindering van lichtinval, aanvoer van voedsel en habitatvorming (blad en hout), afvangen van inspoelende voedingsstoffen en het vastleggen van oevers [1,2,3]. Hoewel de positieve effecten duidelijk zijn, ontbreekt vaak een nadere kwantificering. Om meer duidelijkheid te krijgen over de rol van bomen langs laaglandbeken is daarom een meta-analyse uitgevoerd op basis van biologische, hydromorfologische en fysisch-chemische meetgegevens van de Brabantse waterschappen Aa en Maas, De Dommel en Brabantse Delta, verzameld op locaties variërend in de mate van beschaduwing. Het doel hiervan was meer helderheid te verschaffen in de effecten die het beschaduwen van Brabantse watergangen kan hebben op: i) de waterplantenontwikkeling, ii) de maximale watertemperatuur, iii) het zuurstofgehalte, iv) de stroomsnelheid en v) de ecologische kwaliteit, afgeleid van de macrofauna.

Aanpak

Voor 53 meetpunten in beken in Noord-Brabant zijn de biologische, hydromorfologische en fysisch-chemische meetgegevens vanaf het jaar 2000 geanalyseerd. De meetpunten zijn geselecteerd op databeschikbaarheid, waarbij voor de chemie reeksen van maandelijkse metingen en voor de biologie bemonsteringen van tenminste vijf jaar het selectiecriteria waren.

De beschaduwing van de meetpunten is uitgedrukt in drie getallen (tabel 1). Op monsterpuntschaal (50 m beeklengte) is een indeling gebruikt in vier klassen (1: <10%, 2: 10-40%, 3: 40-70%, 4: >70%). Op beektrajectschaal (tot 2 kilometer bovenstrooms van het meetpunt) is aan de hand van gebiedskennis en luchtfoto's bepaald over welke beeklengte er boomkruinen boven de beek/aanwezig waren en welk gedeelte hiervan bestond uit bos/singels. Een bomenrij of solitaire bomen telden niet mee.

De bedekking van de watergang met vegetatie op de monsterpunten werd afgeleid van de bedekkingspercentages van emergente, submerse en drijvende vegetatie. Zowel de mediane waarde als het maximum in de meetperiode werd gebruikt om vast te stellen bij welk beschaduwingspercentage de vegetatiebedekking duidelijk afnam. Omdat andere factoren, zoals

voedingsstoffengehalten, dimensies van de watergang en stroming de waterplantenontwikkeling kunnen beïnvloeden, zijn deze in de analyses meegenomen (tabel 1).

Tenslotte zijn een aantal parameters bekeken die beïnvloed kunnen worden door de aanwezigheid van bomen langs de beek, namelijk de mate van substraatdifferentiatie (klassen volgens het Handboek hydrobiologie), de maximale watertemperatuur (90-percentiel van de maandelijkse dagmetingen) en de minimale zuurstofconcentratie (10-percentiel van de maandelijkse dagmetingen). Om de invloed van extreme waarden te verminderen zijn in plaats van de absolute uitersten percentielen gebruikt.

Tabel 1. In de analyses gebruikte parameters

Element	Parameter	Range meetpunten (n = 53)		
		mediaan	min.	max.
Vegetatie	Bedekking watervegetatie (%; mediaan)	13	0	80
	Bedekking watervegetatie (%; maximum)	45	0	100
Beschaduwing	Beschaduwing meetpunt (klassen)	<10%	<10%	>70%
	Trajectlengte met boomkruinen boven de beek tot 2 km bovenstrooms meetpunt (km)	0,65	0	2
	Trajectlengte met bos/singel langs de beek tot 2 km bovenstrooms meetpunt (km)	0	0	2
Hydromorfologie	Stroomsnelheid (m.s ⁻¹ ; mediaan)	0,11	0	0,42
	Afvoer (m.s ⁻¹ ; mediaan)	0,42	0,02	11,5
	Breedte (m; mediaan)	5,5	2,3	40
	Diepte (m; mediaan)	0,7	0,1	3
Fysisch-chemisch	Substraatdifferentiatie (klassen)	weinig	weinig	veel
	Totaal stikstof (mg.L ⁻¹ ; mediaan)	4,9	1,5	33,2
	Totaal fosfor (mg.L ⁻¹ ; mediaan)	0,18	0,05	9
	Maximale watertemperatuur (°C; 90-percentiel)	18,7	16,0	21,3
	Minimum zuurstofgehalte (mg.L ⁻¹ ; 10-percentiel)	6,0	1,6	8,2

Macrofaunamonsters werden verdeeld in een voorjaars- (maart-juli) en najaarsdataset (augustus-november), omdat niet alle locaties in beide periodes bemonsterd zijn. In een deel van de monsters waren wormen, platwormen en mijten niet verder gedetermineerd; deze zijn daarom als hoofdgroep beschouwd. Er wordt in het stuk dan ook standaard gesproken van taxa, omdat niet alle dieren tot op soort zijn gedetermineerd. Voor ieder monster is een aantal zogenoemde *metrics* berekend, die waren afgeleid van de levensgemeenschap en een indicatieve waarde voor bepaalde milieuomstandigheden hadden.

De eerste *metric* is het aantal warmteminnende (warmstenotherme) taxa in een monster [4]. Dit gaat om macrofauna met een voorkeur voor relatief warm water. De hypothese is dat deze soorten minder voorkomen in beschaduwde trajecten, omdat het water hier door temperatuurbuffering minder kan opwarmen dan in onbeschaduwde trajecten. In principe zou een koelend effect ook kunnen worden afgeleid van het aantal koudeminnende (koudstenotherme) soorten, maar deze komen zo weinig voor in de monsters — waarschijnlijk zijn veel van deze soorten lang geleden,

tijdens de grootschalige beeknormalisaties, uit Noord-Brabant verdwenen — dat dit niet mogelijk was.

De tweede *metric* is het aantal soorten dat harde substraten prefereert [5]. In natuurlijke langzaam stromende laaglandbeken zijn de dominante harde substraten hout en boomwortels. De hypothese is dan ook dat deze soorten meer voorkomen in trajecten met bomen.

De derde *metric* is het aantal kenmerkende soorten voor langzaam stromende laaglandbeken (KRW-typen R4-R6) [6]. De hypothese is dat de aanwezigheid van bomen leidt tot een meer natuurlijke situatie, waarin door de verschillende functies die bomen in het beecosysteem vervullen meer niches voor dit type soorten beschikbaar komen.

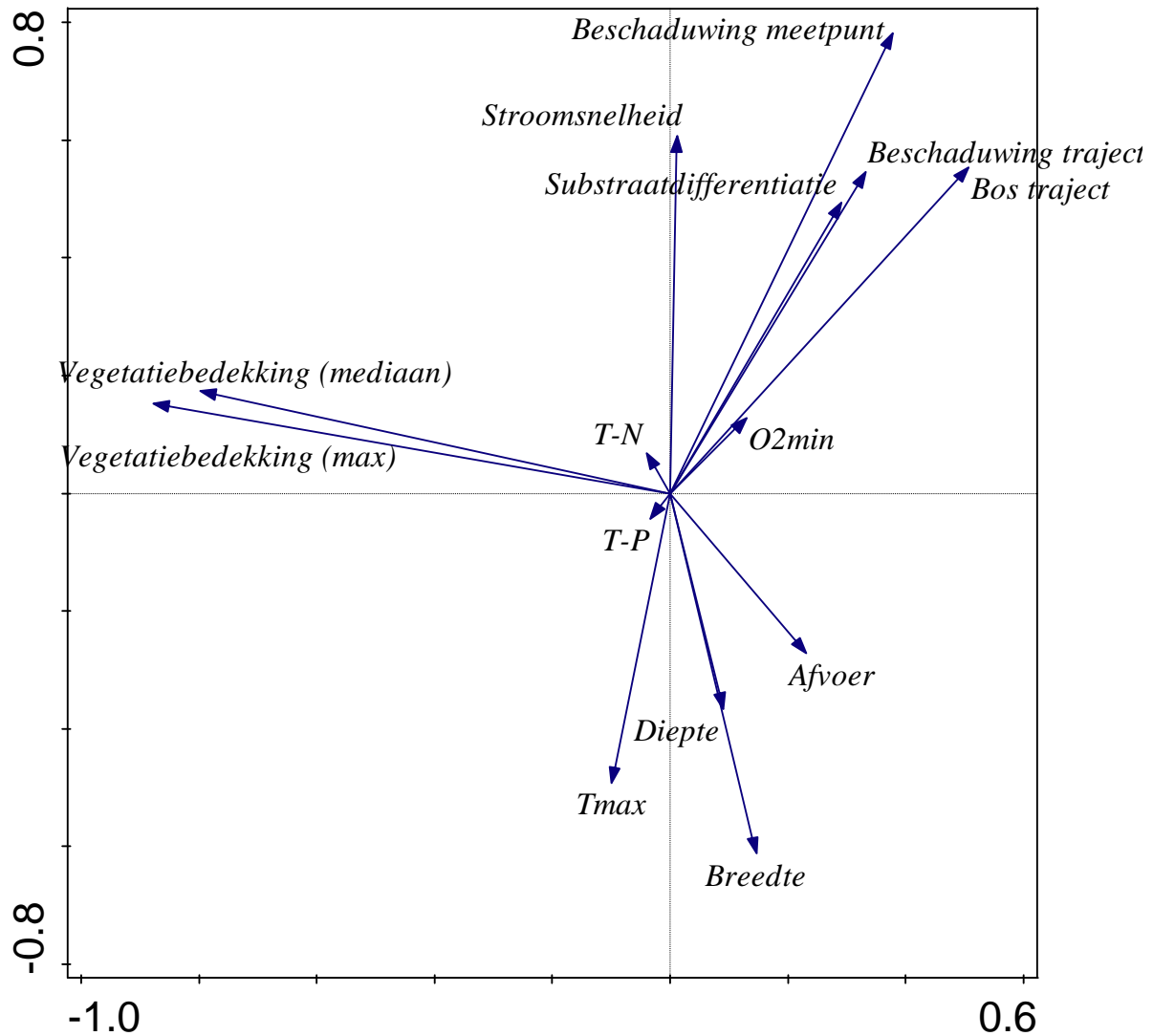
Tenslotte is de vierde *metric* het aantal stromingminnende (rheofiele) taxa in de monsters [5]. Boomwortels en invallend hout zorgen voor meer stromingsdifferentiatie, waardoor ook sneller stromende stukken ontstaan. Rheofiele soorten kunnen hiervan profiteren. We verwachten dan ook een hogere soortenrijkdom in deze groep in meer beschaduwde trajecten.

Resultaten en discussie

Beschaduwing en waterplantenontwikkeling

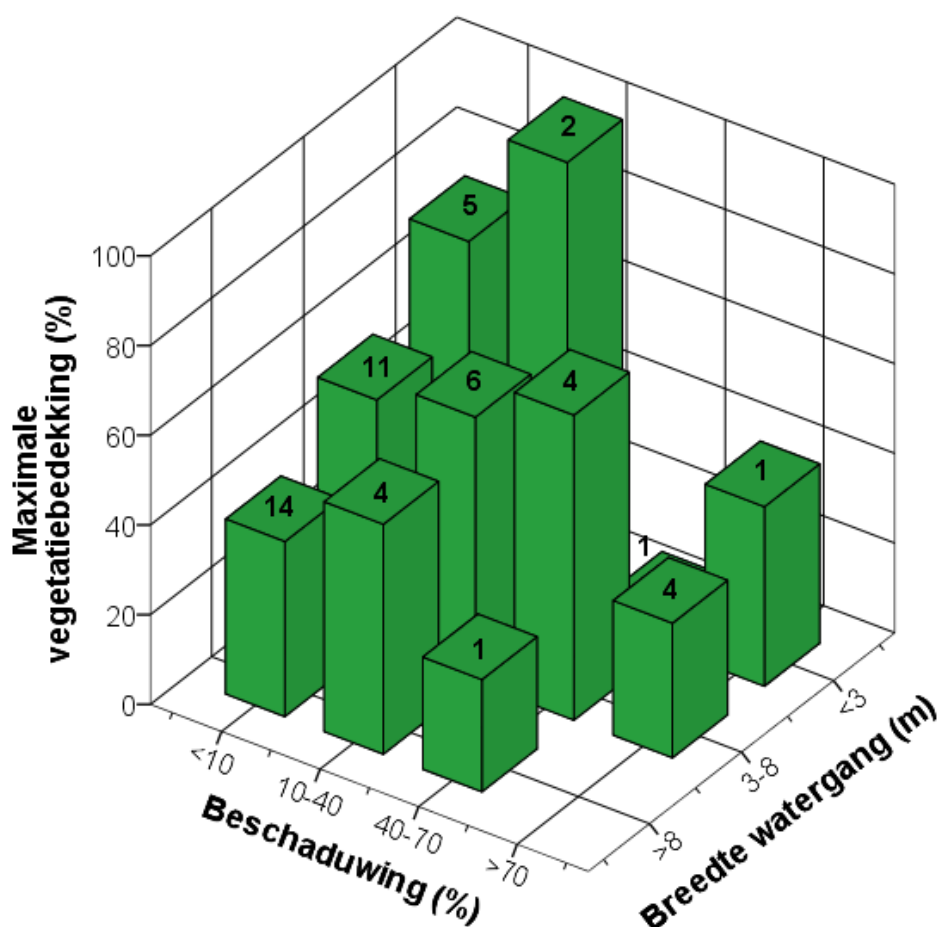
Een *Principal Component Analysis* (PCA) — een multivariate analysetechniek die de milieuvariabelen gemeten op de meetpunten met elkaar relateert — laat zien dat zowel de mediane als de maximumbedekking van beken met waterplanten samenhangt met twee groepen parameters; enerzijds gerelateerd aan beschaduwing en anderzijds aan de dimensies en afvoer van de watergang (afbeelding 1). Zowel zwaar beschaduwde kleine watergangen als grotere onbeschaduwde watergangen hebben een relatief lage vegetatiebedekking.

Nutriëntengehalten spelen geen rol van betekenis voor de vegetatie op de meetpunten. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de relatief hoge concentraties in het algemeen (tabel 1), waardoor deze niet limiterend zijn voor de waterplantenontwikkeling.



Afbeelding 1. Multivariate analysediagram (PCA) van milieuvariabelen op 53 meetpunten in Brabantse beken (as 1 horizontaal – eigenvalue 0,343 en as 2 verticaal – eigenvalue 0,210). De pijlen geven de richting van de veranderingen in de waarden van de milieuvariabelen weer op de meetpunten, waarbij de langere pijlen een sterkere gradiënt laten zien over de meetpunten. Pijlen die dichter bij elkaar liggen zijn sterker met elkaar gecorreleerd

Afbeelding 2 laat het verband zien tussen de mate van beschaduwing, de dimensies van de watergang en de maximale vegetatiebedekking. Hieruit valt af te leiden dat: i) de maximale vegetatiebedekking afneemt naarmate de dimensies van de watergang toenemen, ongeacht de mate van beschaduwing en ii) in midden- en benedenlopen alleen zware beschaduwing effectief is om de plantengroei te remmen (de hoogste beschaduwingsklasse; >70%).



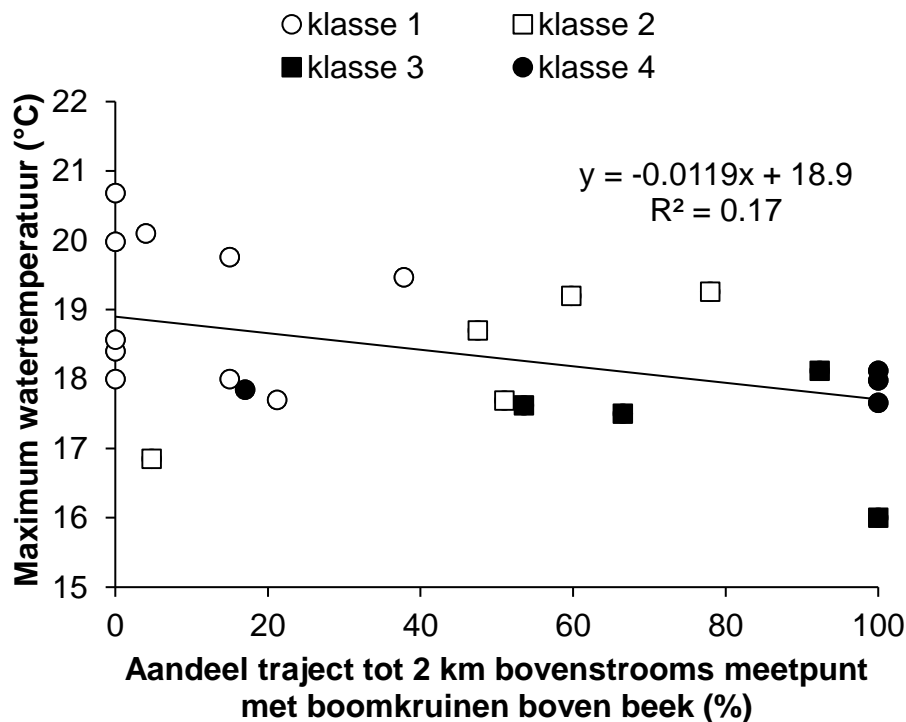
Afbeelding 2. Gemiddeld maximaal bedekkingspercentage met watervegetatie van Brabantse beken onder verschillende beschaduwingsniveaus en bij verschillende dimensies. De cijfers boven de balken geven het aantal meetpunten weer

Het aantal waarnemingen in de hogere beschaduwingsklassen in bovenlopen is te beperkt om uitspraken te kunnen doen over de drempelwaarde voor deze systemen. Het is echter mogelijk dat het hier gevonden patroon overeenkomt met de werkelijkheid en er minder beschaduwning nodig is. Bij smalle watergangen zijn het talud en de vegetatie die hierop groeit namelijk al in staat de watergang dusdanig te beschaduwen, dat de watervegetatie in haar ontwikkeling geremd wordt. Overigens is het bij de interpretatie van de gegevens belangrijk in het achterhoofd te houden dat de maximale vegetatiebedekking wordt beïnvloed door het beheer en onderhoud van de watergang. Het maximale bedekkingspercentage valt hierdoor lager uit dan potentieel haalbaar zou zijn zonder ingrepen in de beek.

Effecten van beschaduwning op watertemperatuur

Er is zowel een significante negatieve relatie tussen de maximale watertemperatuur en de mate van beschaduwing van i) het meetpunt en ii) het beektraject tot 2 kilometer bovenstrooms (n = 25; Spearman-rankcorrelaties; P <0,05, tabel 2, aan het einde van dit artikel). Beken met een hoger aandeel beschaduwing bovenstrooms van het meetpunt bleken op het meetpunt een lagere

maximale watertemperatuur te hebben (afbeelding 3). Voor de trajecten breder dan acht meter (n = 19, Spearman-rankcorrelaties; $P > 0,05$) is deze relatie er niet.



Afbeelding 3. Relatie tussen de aanwezigheid van boomkruinen boven de beek en de maximale watertemperatuur (90-percentiel van maandelijkse metingen) van midden- en benedenlopen (breedte 3-8 m). Beschaduwingsklassen: 1: <10% beschaduwd, 2: 10-40%, 3: 40-70%, 4: >70%

Deze bevindingen zijn in lijn met de resultaten van verschillende recente studies naar het koelende effect van bomen langs beken [7,8]. Uit continue temperatuurmetingen aan overgangen tussen open en beschaduwde trajecten over een lengte van 2 kilometer in verschillende Europese landen [7] blijkt dat er veel variatie is in de mate van temperatuurdemping tussen beken. Grofweg zijn er 3 typen te onderscheiden: i) een temperatuurdaling gevolgd door stabilisatie op een bepaalde waarde, ii) een lineaire, vaak trage afkoeling en iii) geen duidelijke afkoeling. Een belangrijke verklaring voor de verschillen bleek het type bladerdek (boomsoort, bladdichtheid, toestand bladeren) boven de beek te zijn. Daarnaast kan kwel het temperatuurverloop sterk beïnvloeden. Uit deze studie bleek dat voor de beken waar een stabiele koeling bereikt werd gemiddeld 0,8 kilometer beplanting nodig was om de gemiddelde watertemperatuur maximaal te verlagen (demping van gemiddeld 2,5 °C). Voor de maxima in de zomer was gemiddeld 1,1 kilometer nodig (demping van gemiddeld 4 °C).

In de Brabantse beken leidde het koelend effect van beschaduwning overigens niet tot minder warmteminnende soorten in de levensgemeenschap van de beek; er was geen significante relatie met het aandeel boomkruinen of de maximumtemperatuur en het aantal of het aandeel warmteminnende taxa in de monsters (tabel 2). De reden hiervoor is waarschijnlijk de al relatief hoge watertemperatuur in de bestudeerde beken.

De invloed van bomen langs de beek op stroomsnelheid, substraatdifferentiatie en zuurstofgehalte

Afbeelding 1 laat zien dat de trajecten met meer beschaduwing een hogere stroomsnelheid hebben en meer substraatdifferentiatie. De relatie met stroomsnelheid wordt echter vooral gestuurd door de dimensies van de beek. Wanneer er namelijk gecorrigeerd wordt voor de breedte van de watergang blijkt er voor midden- en benedenlopen geen significante relatie tussen beschaduwing en stroomsnelheid te zijn (tabel 2). De relatie met substraatdifferentiatie houdt wel stand na deze correctie.

Op plekken met bomen langs midden- en benedenlopen blijkt de substraatdifferentiatie hoger (tabel 2). Substraatdifferentiatie betekent meer verschillende habitats op de beekbodem, oftewel een hogere habitatheterogeniteit. Het gevolg is dat meer soorten op hetzelfde oppervlak een plek kunnen vinden omdat er meer niches beschikbaar zijn. Deze positieve doorwerking zien we ook terug in de data: substraatdifferentiatie was zowel in het voorjaar als het najaar positief gerelateerd aan het aantal KRW-indicatoren en het aantal rheofiele taxa.

Tussen de gemeten zuurstofminima en de aanwezigheid van bomen langs de watergang werd geen verband gevonden (afbeelding 1). Hierbij moet opgemerkt worden dat er alleen puntmetingen van de dagwaarden voor de zuurstofconcentratie beschikbaar waren, waardoor er geen beeld was van eventuele zuurstofdalingen in de nacht.

Indicatoren ecologische kwaliteit

Beschaduwing heeft een duidelijk positief verband met de aanwezigheid van indicatoren (tabel 2). Meer groepen indicatoren reageerden positief naarmate een grotere trajectlengte beekbegeleidende bomen bevatte. Deze invloed is het grootst wanneer de beschaduwing door bos veroorzaakt wordt. Een positief verband met het aantal KRW-indicatoren werd niet gevonden op meetpuntschaal, maar wel op trajectschaal. Deze soorten prefereren dus langere trajecten met beekbegeleidende beplanting.

De meerwaarde van bos ten opzichte van de andere twee parameters is een positief effect op soorten die harde substraten prefereren. Waarschijnlijk heeft dit te maken met de aanwezigheid van meer hout in de trajecten die door het bos lopen. Een grotere aanvoer van hout kan hiervan de oorzaak zijn, maar het is ook goed mogelijk dat het onderhoud van beektrajecten in bossen een rol speelt. Dit is vaak extensiever (hout wordt bijvoorbeeld niet routinematig verwijderd), waardoor er meer geschikt substraat achterblijft voor indicatorsoorten.

Opvallend is dat de verbanden met beekbegeleidende bomen alleen voor de voorjaarsmonsters gevonden werden en niet voor de najaarsmonsters. In het najaar waren er alleen positieve verbanden tussen de verschillende *metrics* voor stroomsnelheid en substraatdifferentiatie. Een aanwijzing kan zijn dat er in het voorjaar geen verband tussen stroomsnelheid en stromingminnende taxa was. Waarschijnlijk zijn door de hogere afvoeren in het voorjaar de stromingscondities in alle beken geschikt voor stromingminnende soorten, terwijl er in het najaar bij of na lage afvoeren in de zomer grotere verschillen zijn. Stagnatie zou dus beperkend kunnen zijn voor bepaalde kenmerkende soorten in de beschaduwde trajecten. Naast de beschaduwing spelen de hydrologische omstandigheden in de beek dus ook een belangrijke rol voor de ecologische kwaliteit.

Conclusies

De resultaten laten zien dat beekbegeleidende bomen de Brabantse beken een ecologische impuls geven. De verslechterde najaarssituatie kan echter een aanwijzing zijn dat het essentieel is dat er jaarrond stroming in de beek aanwezig is, omdat anders de ecologische winst beperkt blijft tot de periode met hogere afvoeren in het voorjaar.

Daarnaast is het nodig zo veel mogelijk oeverlengte van de beek te beplanten met bomen en, om maximale ecologische winst te behalen, bos of singels in plaats van een enkele rij bomen. Europees onderzoek laat zien dat voor optimale effectiviteit gestreefd moet worden naar een lengte van 0,8 tot 1,3 kilometer [7].

Het genereren van habitatheterogeniteit via substraatdifferentiatie lijkt de belangrijkste reden voor de positieve effecten op de macrofauna, niet zozeer de temperatuurdemping.

Ten slotte blijkt beschaduwning ook een goed middel om vegetatieontwikkeling te remmen. Wel blijkt uit het onderzoek dat dit pas effectief wordt wanneer een traject zwaar beschaduwd wordt (>70%).

Kortom, het aanplanten of zich laten ontwikkelen van beekbegeleidend bos brengt de realisatie van ecologische doelen voor de Brabantse beken dichterbij en leidt op termijn tot minder beheer en onderhoud. Echter, het breed toepassen van deze maatregel brengt grote uitdagingen met zich mee. Zo kan beekbegeleidende beplanting bezwaarlijk zijn voor de landbouw (schaduwwerking, bewerkbaarheid van het land), gaat het vaak niet samen met de huidige manier van onderhoud (vanaf de kant), kan het mogelijk door bladval extra baggeropgaven opleveren en kan het haaks staan op wet- en regelgeving (obstakelvrije zone van 5 meter). Waterschappen zullen daarom keuzes moeten maken waar beschaduwning zal worden toegepast.

Dankwoord

Deze studie maakt deel uit van het project *Kleinschalige maatregelen Brabantse wateren* en is tot stand gekomen in samenwerking met (en gefinancierd door) de waterschappen Aa en Maas, De Dommel en Brabantse Delta en de provincie Noord-Brabant. In dit project worden de effecten van verschillende wijzen van beheer en onderhoud op de waterkwaliteit en de ecologie van het oppervlaktewater bestudeerd in relatie tot KRW-doelen. Het ministerie van Economische Zaken ondersteunde deze publicatie in het kader van het Innovatielab *Building with Nature* voor regionale wateren (KB-24-001-007).

Referenties

1. Malanson, G. P. (1993). *Riparian Landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge
2. Osborne, L. L. & Kovacic, D. A. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater Biology* 29: 243-258
3. Rutherford, J. C., Marsh, N. A., Davies, P. M. & Bunn, S. E. (2004). Effects of patchy shade on stream water temperature: how quickly do small streams heat and cool? *Marine and Freshwater Research*, 55, 737-748
4. Schmidt-Kloiber, A. & Hering, D. (2015). www.freshwaterecology.info – An online tool that unifies, standardises and codifies more than 20,000 European freshwater organisms and their ecological preferences. *Ecological Indicators* 53: 271–282

5. Verberk, W. C. E. P., Verdonschot, P. F. M., Haaren, T. van, Maanen, B. van (2012). Milieu- en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwatermacrofauna. WEW Themanummer 23, Van de Garde-Jémé, Eindhoven
6. Molen, D. T. van der, Pot R., Evers, C. H. M. & Niewerburgh, L. L. J. van (2012). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. STOWA Rapport 2012-31, STOWA, Amersfoort
7. Verdonschot, R. C. M. et al. (2014). Effects of shading on stream water temperature and stenothermic macroinvertebrates; a synthesis of the findings along the trans-European latitudinal climate gradient. *REFRESH; Adaptive strategies to Mitigate the Impacts of Climate Change on European Freshwater Ecosystems Deliverable 2.11 + 2.12*
8. Browne, G., Kwaadsteniet, P. de, Schmidt, G. & Kempen J. van (2016). Werken aan klimaatbestendige beken - Wat is het effect van beekbegeleidende beplanting op beektemperatuur? H2O-Online, 18 maart 2016.

Tabel 2. Correlaties tussen milieuvariabelen en een aantal macrofauna-metrics van midden- en benedenlopen. Significantie: * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$

Spearman-rank correlatiecoëfficiënt (ρ)	Milieuvariabelen						Macrofauna-metrics							
	Beschaduwing meetpunt	Beschaduwing traject	Aandeel bos traject	Maximum watertemperatuur	Stroomsnelheid (mediaan)	Substraatdifferentiatie	Warmteminnend		Hard substraat prefererend		Kenmerkend voor type R05		Stromingsminnend	
	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj
Beschaduwing meetpunt	1,00	0,80**	0,67**	-0,58**	0,08	0,45*	0,27	-0,20	0,30	-0,22	0,39	0,25	0,45*	0,32
Beschaduwing traject		1,00	0,82**	-0,44*	-0,00	0,49*	0,22	-0,20	0,41	-0,26	0,48*	0,15	0,63**	0,26
Aandeel bos traject			1,00	-0,19	0,16	0,44*	0,26	0,06	0,45*	-0,15	0,51*	0,29	0,56**	0,29
Watertemperatuur (max.)				1,00	0,35	-0,31	-0,07	0,33	-0,18	0,36	-0,15	0,07	-0,35	-0,01
Stroomsnelheid (mediaan)					1,00	0,17	-0,09	-0,14	0,59**	0,86**	0,48*	0,65**	0,31	0,63**
Substraatdifferentiatie						1,00	0,11	-0,10	0,43	0,38	0,51*	0,57*	0,56**	0,73**
Warmteminnend	vj						1,00	0,76**	0,17	-0,29	0,36	-0,07	0,20	-0,14
	nj							1,00	-0,37	-0,10	-0,14	-0,03	-0,46	-0,26
Hard substraat prefererend	vj								1,00	0,63*	0,89**	0,87**	0,82**	0,82**
	nj									1,00	0,50	0,60*	0,52	0,61**
Kenmerkend voor type R05	vj										1,00	0,95**	0,89**	0,90**
	nj											1,00	0,90**	0,93**
Stromingsminnend	vj												1,00	0,95**
	nj													1,00