

Zoektocht naar stuurknoppen om de ecologische toestand van beken te verbeteren

Niels Evers, Mirte Schipper (Royal HaskoningDHV), Ineke Barten, Mark Scheepens (Waterschap De Dommel)

Waarom gaan we de KRW-doelen mogelijk niet halen? Om deze vraag te kunnen beantwoorden moet eerst bekend zijn hoe de ecologische toestand afhangt van stuurvariabelen als inrichting, beheer en waterkwaliteit. In dit artikel wordt met een data-analyse aangetoond hoe deze relatie tussen ecologische toestand (gereflecteerd door de macrofaunatoestand) en stuurvariabelen in elkaar steekt voor de beken in het beheergebied van waterschap De Dommel. Hieruit blijkt dat de stroomsnelheid en de variatie hierin binnen het beekprofiel van grote invloed zijn op de ecologische toestand. Ook beheer en onderhoud en lokaal de waterkwaliteit zijn belangrijke stuurfactoren voor de macrofaunasamenstelling.

Waterschappen staan voor de uitdaging om in 2027 te voldoen aan de waterkwaliteitsdoelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Op dit moment zijn er nog vrijwel geen waterlichamen in Nederland die aan alle KRW-doelen voldoen [1]. In de meeste waterlichamen gaat het gelukkig wel de goede kant op en zorgen genomen maatregelen ervoor dat de chemische en biologische waterkwaliteit verbetert. Zo is in veel beeksystemen de waterkwaliteit sinds de jaren negentig sterk verbeterd [2], onder andere door inrichtingsmaatregelen (vooral beekherstel), maatregelen in de waterketen (verbeteringen op RWZI's, vermindering overstorten) en het extensiveren van beheer en onderhoud (maaien en baggeren).

Vaak is echter onduidelijk hoeveel extra inspanning nodig is om de KRW-doelen in 2027 te halen en welke inspanningen het meest kosteneffectief zijn. In dit drieluik van artikelen wordt een methodiek gepresenteerd die verduidelijking geeft, toegepast op de beeksystemen van waterschap De Dommel. Zie voor een uitgebreid overzicht van de analyses en resultaten [3].

Het reeds verschenen eerste artikel toont aan dat de ecologische toestand van een aantal beken significant is verbeterd, maar dat de KRW-doelen in 2027 nog niet overal worden gehaald [4]. Doorgaan met de geplande maatregelen en waar nodig aanvullend bijsturen is nodig.

Dit tweede artikel sorteert voor op de vraag welke maatregelen het meest kansrijk en kosteneffectief zijn. Dit gebeurt door te onderzoeken welke stuurvariabelen het grootste effect hebben op de ecologische toestand. Hiertoe is een data-analyse uitgevoerd, die de relatie vaststelt tussen abiotische stuurvariabelen en de biologische kwaliteit in de beken.

Als maat voor de biologische kwaliteit is de macrofaunamaatlat als uitgangspunt genomen (zie kader), omdat macrofauna het meest indicatief is bevonden voor de ecologische toestand van beken. Voor de sloten en kanalen van waterschap De Dommel is een soortgelijke zoektocht voltooid naar de relatie tussen stuurvariabelen en ecologische toestand [3].

Methode en gegevens

Voor de data-analyse zijn macrofaunamonsters gebruikt en gegevens van abiotische stuurvariabelen (zie tabel 1). De stuurvariabelen zijn onderverdeeld in fysisch-chemische stuurvariabelen en stuurvariabelen over hydrologie, inrichting en beheer [4]. Dit is gedaan met gegevens tot en met 2015, volgens de methodiek beschreven in de Handreiking Ontwikkeling Waterlopen [5]. 2015 is dan ook aangehouden als analysejaar [6]. In dit jaar is op 52 locaties in beken macrofauna bemonsterd. Bij meetpunten waarvan zowel in het voor- als najaar is gemeten, zijn de waarden gemiddeld. Dit is ook toegestaan bij KRW-toestandsbepaling. De waarde van de fysisch-chemische stuurvariabelen is bepaald met waterkwaliteitsmetingen uit 2015. Hiervoor zijn aan elk biologisch meetpunt de waarden toegekend van het meest representatieve nabijgelegen waterkwaliteitsmeetpunt. Voor sommige fysisch-chemische variabelen is gewerkt met zomergemiddelde waarden, voor anderen met de extreme waarde (min/max):

- zomergemiddelde waarden voor stikstof totaal, fosfor totaal, orthofosfaat, chloride, sulfaat en zwevend stof;
- maximale jaarwaarden voor biochemisch zuurstofverbruik (BZV), temperatuur, zuurgraad (pH), en ammonium; de minimale waarden per jaar voor zuurstofverzadiging en zuurstofgehalte.

Met deze dataset is een redundantieanalyse (RDA) uitgevoerd om de relatie tussen de stuurvariabelen en de macrofaunatoestand beter in beeld te krijgen. Met een RDA-triplot is gevisualiseerd hoe groot de invloed is van de afzonderlijke stuurvariabelen op de ecologische toestand (uitgedrukt in de macrofauna-EKR en de bijbehorende deelmaatlatten).

Vervolgens is het effect van verschillende typen onderhoud (intensief, extensief of geen onderhoud) op de macrofauna-EKR en deelmaatlatten in meer detail onderzocht. Dit effect is gevisualiseerd met boxplots.

KRW-maatlatten voor macrofauna in beken

Als maat voor de biologische toestand is gebruik gemaakt van de KRW-maatlat voor macrofauna [7]. De Ecologische Kwaliteitsratio (EKR) is de uitkomst uit de maatlat, een score tussen 0 (slecht) en 1 (zeer goed/referentie). De doelstelling voor de meeste beken is 0.6.

De maatlat werkt met deelmaatlatten, gebaseerd op indicatieve soorten (negatieve, positieve en kenmerkende soorten). Deze kunnen ook worden gebruikt voor het analyseren van relaties tussen abiotische stuurvariabelen en de ecologische kwaliteit.

Voor een uitgebreide versie van deze toelichting, zie het kader in het eerste artikel van dit drieluik [4].

RDA-analyse

Een RDA (redundantieanalyse) is een methode die de variatie in een set responsvariabelen (hier de macrofaunatoestand) verklaart met een set verklarende variabelen (hier de abiotische stuurvariabelen). De analyse gaat uit van een lineair verband tussen verklarende en responsvariabelen [8]. De resultaten van de RDA worden grafisch weergegeven in een triplot. Hierin worden de responsvariabelen en de verklarende variabelen met een pijl weergegeven. De pijl wijst in de richting van de maximale variatie in

de responswaarde/verklarende variabelen. De lengte is evenredig met deze maximale mate van variatie. Dus hoe langer de pijl, des te belangrijker de variabelen. De hoek tussen de pijlen geeft de correlatie weer. Als pijlen dezelfde richting op wijzen betekent dit dat ze positief gecorreleerd zijn. Pijlen die tegenovergesteld zijn aan elkaar zijn juist negatief gecorreleerd. Bij een rechte hoek zijn de variabelen niet gecorreleerd.

De biologische meetpunten zijn ook in de RDA-plots opgenomen (met het R-type als label). Hoe dichter de meetpunten bij een bepaalde pijl liggen, hoe belangrijker of hoger de responsie- of verklarende variabele is voor de betreffende (deel)maatlatscore. In tabel 1 zijn de gebruikte responsie- en verklarende variabelen weergegeven en nader toegelicht.

Tabel 1. Variabelen gebruikt in de RDA-analyse

Fysisch-chemische variabelen (Verklarende variabelen)		
Parameter	Toelichting	Bron en jaar
Cl	Zomergemiddelde chlorideconcentratie	KRW-metingen 2015
BZV5	Maximaal biochemisch zuurstofverbruik over 5 dagen	KRW-metingen 2015
NH4	Maximale ammoniumconcentratie	KRW-metingen 2015
Ntot	Zomergemiddelde stikstof-totaalconcentratie	KRW-metingen 2015
Ptot	Zomergemiddelde fosfor-totaalconcentratie	KRW-metingen 2015
Temp	Maximale temperatuur in °C	KRW-metingen 2015
pH	Maximale zuurgraad	KRW-metingen 2015
O2.perc	Minimale zuurstofverzadiging in %	KRW-metingen 2015
Overige stuurvariabelen (Verklarende variabelen)		
Parameter	Toelichting	Bron en jaar
Beschaduwning	Percentage beschaduwning	HOW 2015
Maai-intensiteit	Percentage van het natte profiel gemaaid per maaiperiode	HOW 2015

NVO	Percentage oeverlengte ingericht als NVO	HOW 2015
Verstuwing	% waterdeel onder invloed van verstuwing	HOW 2015
Sed. erosie	Actieve sedimentatie/erosie aanwezig over % van de lengte	HOW 2015
Beschoeiing	Beschoeiing %	HOW 2015
Stroomsnelheid	Gemiddelde zomerstroomsnelheid (juli-aug-september)	HOW 2015
Profielvorm	Profielvorm uit HOW	HOW 2015
Sinuositeit	Sinuositeit (lengte loop/ lengte beekdal)	HOW 2015
<i>Macrofauna (Responsievariabelen)</i>		
Parameter	Toelichting	Bron en jaar
MacFau	Macrofauna EKR	KRW toetsing 2015
Negatief_abund	Negatief dominanten % abund.	KRW toetsing 2015
Pos_ken_abund	Positief dominanten + kenm. taxa % abund.	KRW toetsing 2015
Kenmerk_taxa_p erc	Kenmerkende taxa % aantal	KRW toetsing 2015

Effect onderhoud op ecologie

Dat het onderhoud invloed heeft op de ecologische ontwikkeling van waterlopen is bekend [9]. In beken is dat behalve aan de vegetatie ook zichtbaar aan de macrofaunasamenstelling. De hierboven besproken RDA gaat in op het effect van onderhoud op ecologie. Aanvullend is dit effect in meer detail onderzocht met een responsieanalyse. Hiervoor zijn alle biologische meetpunten voorzien van een onderhoudstype: intensief, extensief of geen onderhoud, volgens de definities uit tabel 2. Vervolgens is gekeken naar het effect van onderhoud op de macrofauna-EKR en de deelmaatlatten. Dit effect is gevisualiseerd met boxplots.

Tabel 2. Onderhoudstypen

Onderhoudstype	Deel van profiel	Hoeveelheid	Frequentie per jaar
Intensief	Hele profiel	Meestal het hele profiel of hele profiel alternerend	Frequent, minimaal 1x per jaar
Extensief	Stroomgeul/blokken	Niet hele profiel, oevers en profiel worden zoveel mogelijk gespaard en het onderhoud richt zich op de stroombaan (bodem).	Alleen indien nodig, maar slechts deel van het profiel
Geen	Geen	Alleen zeer lokaal	Incidenteel hout verwijderen

Resultaten en discussie

Stuurvariabelen

De RDA (afbeelding 1) laat duidelijk zien dat de macrofauna-EKR en positieve deelmaatlaten dezelfde kant op wijzen en de negatieve deelmaatlat de andere kant op. Dit betekent dat de linkerkant (negatieve x-as) de positieve ecologische kant vertegenwoordigt en de rechterkant (positieve x-as) de negatieve. Daarnaast zijn er veel verbanden met stuurvariabelen in de triplot waar te nemen. De relatie tussen abiotiek en macrofaunakwaliteit was in grote lijnen al bekend, maar is met deze analyse ook direct gerelateerd aan de maatlatuitkomsten (EKR's) en onderliggende deelmaatlaten.



Afbeelding 1. Triplot met de resultaten van de RDA van de R-typen. In rood de responsievariabelen en in zwart de verklarende variabelen. De punten staan voor de meetpunten

De volgende relaties zijn te onderscheiden:

- De variabelen die de inrichting van de beek (sinuositeit en profielvorm) en de beekprocessen (sedimentatie/erosie en stroomsnelheid) bepalen, staan aan de positieve kant. Deze variabelen hebben dus een positief effect op de macrofauna-EKR.
- Zuurstof staat recht tegenover de negatieve deelmaatlat en is daardoor negatief gecorreleerd. Dit betekent dat een goede zuurstofverzadiging een negatief effect heeft op de negatieve soorten, wat uiteraard wenselijk is. Andersom klopt dat dus ook: bij lage zuurstofconcentraties zijn er meer negatieve soorten te verwachten en dit verlaagt de EKR.
- Beschoeiing en temperatuur staan dicht bij de negatieve deelmaatlat en hebben hier dus een positief effect op. Temperatuur heeft maar een beperkte invloed in vergelijking met de meeste andere variabelen (pijl is relatief klein). Meer beschoeiing en hogere watertemperaturen drukken dus de EKR.
- Ook ammonium en BZV5 wijzen enigszins de kant op van de negatieve deelmaatlat. Deze parameters hebben dus een verhogend effect op de negatieve soorten en hogere waarden verlagen dus de EKR.

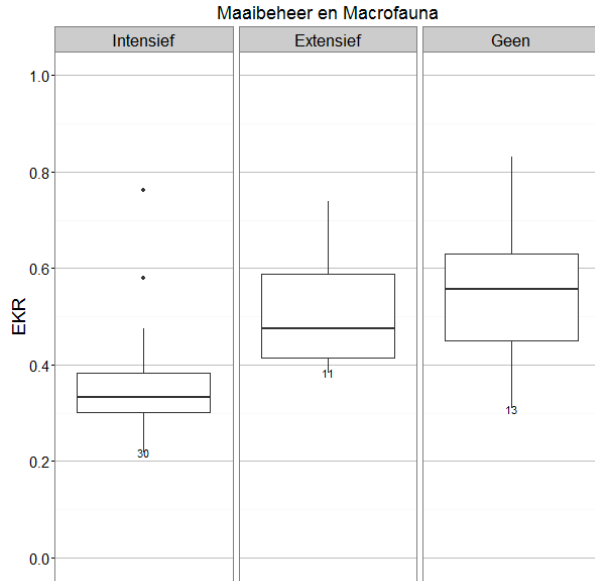
- De pijl van fosfor totaal (P_{tot}) is langer dan die van stikstof totaal (N_{tot}). Fosfor is dus belangrijker dan stikstof voor macrofauna in deze beken. Beide pijlen staan echter wel haaks op de EKR en hebben daar dus geen aantoonbare invloed op. Dat is wel het geval bij de kenmerkende macrofytensoorten [10].
- Maai-intensiteit staat tegenover de positieve ecologische kant. Een hogere maai-intensiteit heeft dus een negatief effect op de positieve deelmaatlaten en de macrofauna-EKR. Verder staat de pijl vrijwel haaks op de negatieve soorten. Dit geeft aan dat de maai-intensiteit nauwelijks sturend is voor die soorten. Dit is hetzelfde beeld als bij de responsieanalyse in afbeeldingen 2 en 3.
- Beschaduwning staat tegenover temperatuur en heeft daar dus een negatief effect op. Oftewel: meer beschaduwning zorgt voor een lagere temperatuur. Ook dat is zeer herkenbaar en blijkt uit de temperatuuranalyses van online sensoren [11]. Dit blijkt ook uit studies gepubliceerd in H2O [12], [13]. Die studie concludeert dat beschaduwning door beekbegeleidende bomen de Brabantse beken een positieve ecologische impuls geeft.
- Ook de meetpunten zijn in de triplot weergegeven, waarbij het KRW-type als label is gebruikt. Hierdoor is duidelijk te zien dat de R5-typen (groene stippen, midden- en benedenlopen) vooral aan de positieve ecologisch kant liggen en de R4-typen (bovenlopen) juist aan de negatieve kant. Dit bevestigt het beeld dat beken met R4 lager scoren voor de KRW dan de grotere beken [1].

Onderhoud

In afbeelding 2 is per onderhoudtype de spreiding in macrofauna-EKR weergegeven voor beken. Hierin is een duidelijk hogere EKR zichtbaar bij extensief onderhoud ten opzichte van intensief onderhoud (verschil van ca. 0.2 EKR). Tussen extensief en geen onderhoud is de verbetering in EKR veel kleiner. Echter, de bovenkant van de box wordt bij geen onderhoud wel hoger en waarden van boven de 0.8 EKR komen alleen voor bij geen onderhoud.

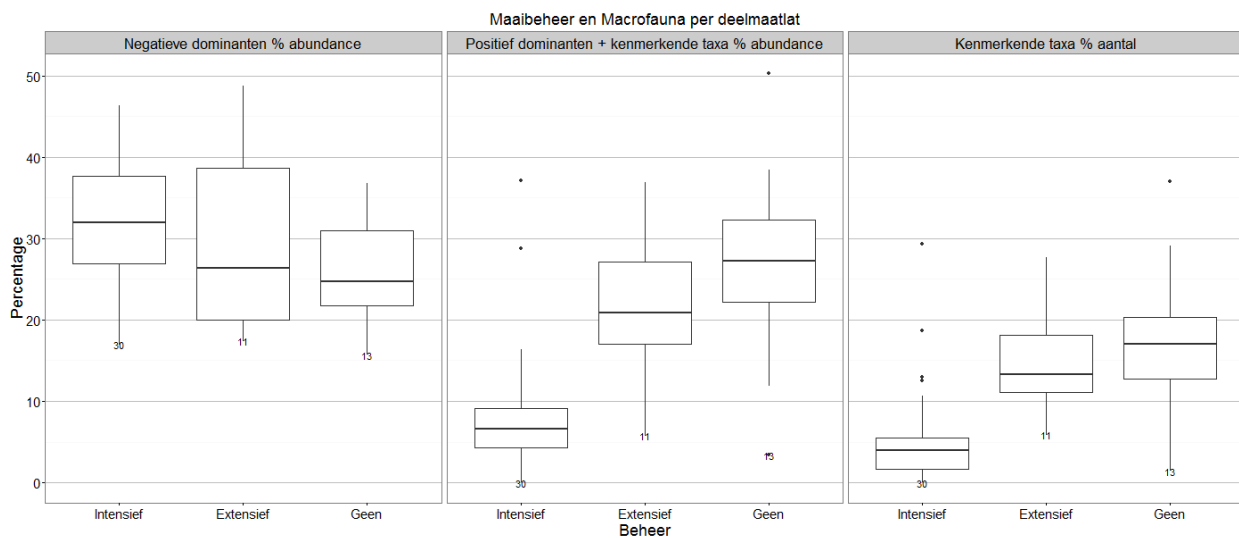
Een belangrijk aandachtspunt is wel dat de boxen met 'geen onderhoud' alleen uit beschaduwde en natuurlijke trajecten bestaan. Dit maakt aannemelijk dat de effecten van beschaduwning (zoals hogere zuurstofgehalten, meer hout in de beek en een lagere temperatuur) ook een rol spelen in de hoogte van de box [11], [12]. Het onderscheid tussen 'extensief' en 'geen onderhoud' is daarmee lastig op waarde te schatten. Dit geldt veel minder bij het onderscheid tussen de intensief en extensief onderhouden locaties omdat in beide sets verschillende typen inrichting aanwezig zijn. Al zal ook hier gelden dat bij de extensief beheerde locaties relatief meer natuurlijk ingerichte trajecten vallen. Het is ook mogelijk dat een deel van dergelijke trajecten nooit is gekanaliseerd en verstuwd en dus altijd al een natuurlijkere inrichting heeft gehad.

In beken die zonder onderhoud dichtgroeien, is een lagere EKR mogelijk wanneer het onderhoud geheel wordt gestaakt. Onder andere omdat hierdoor veel slib in wordt gevangen. Dit geldt met name bij verstuwde systemen. In de praktijk worden dat soort waterlopen nu ook altijd opgehouden met onderhoud. Extensief onderhoud, gericht op het maaien van de stroombaan, in combinatie met beschaduwning, geniet de voorkeur voor het behalen van de KRW-doelen voor macrofauna (zie ook kader).



Afbeelding 2. Boxplots met relatie onderhoud en macrofauna-EKR in beken. Cijfers onder box zijn aantal locaties

Hetzelfde patroon is zichtbaar in afbeelding 3, waarin per deelmaatlat en onderhoudstype de spreiding in percentage (abundantie/aantallen) is weergegeven. Daarbij is ook duidelijk te zien dat bij een verandering van intensief naar extensief onderhoud vooral positieve en kenmerkende soorten toenemen (verdrievoudigen!) en de afname in negatieve soorten veel minder duidelijk is. Met andere woorden: door intensief onderhoud verdwijnen vooral kenmerkende soorten en die zijn het meest sturend voor het behalen van de KRW-doelen (zie ook kader 1).



Afbeelding 3. Boxplots met relatie onderhoud en macrofauna deelmaatlaten in beken. Cijfers onder box zijn aantal locaties

Hout in de beek

Extensief onderhoud veroorzaakt minder fysieke schade door maaien en het verwijderen van materiaal (=habitats) uit de beken. Behalve om plantenmateriaal gaat het ook om dood hout. Het bevorderen en laten liggen van grote houtstructuren is ecologisch van waarde. De Dommel nabij de Elshouters in Dommelen (zie afbeelding 4) is een mooi voorbeeld van goed beheer (stroombaanmaaien), een redelijke beschaduwing en ook ruimte voor doodhoutstructuren. Dit leidt tot een hoge score voor macrofauna.



Afbeelding 4. De Dommel bij de Elshouters

Conclusies

De gevonden relaties zijn grotendeels al bekend uit de literatuur, maar in deze studie direct gekoppeld aan de KRW-maatlat voor macrofauna. Uit de analyses blijkt dat de inrichting van de waterloop belangrijk is en dat maatregelen die de stroomsnelheid verhogen, de profielvorm natuurlijk maken of de meandering en mate van beschaduwing verhogen, leiden tot een hogere score voor macrofauna. De maatlatcores en waarden van onderliggende deelmaatlaten zijn daarbij goed te relateren aan concrete stuurvariabelen. Deze zijn daarmee ook geschikt om knelpunten inzichtelijk te maken.

Bij een aanpassing van intensief naar extensief onderhoud is er een flinke verbetering te behalen (ca. 0.20 EKR hoger bij extensief onderhoud). Deze verbetering is groter dan bij een aanpassing van extensief naar geen onderhoud. Dit geldt vooral in stromende systemen. Moerasachtige systemen zullen onder de huidige eutrofe omstandigheden en beperkte beschaduwing anders snel dichtgroeien. Moerassystemen

kunnen eigenlijk alleen goed functioneren als het water niet te voedselrijk is en dan nog in de meeste gevallen alleen met (extensief) onderhoud.

In de beken levert een verandering van intensief naar extensief onderhoud vooral een toename in positieve/kenmerkende soorten op. Deze soorten zijn het meest kwetsbaar voor intensief onderhoud. Uit een eerdere studie blijkt dat het ecologisch waardevol en technisch haalbaar is om het onderhoud in ruimte en tijd te spreiden [9]. Op termijn is dit ook het beste onderhoud voor beschermde soorten. Het sluit ook aan op de intentie van de Natuurbeschermingswet voor Waterschappen, waarbij 25 procent van de vegetatie blijft staan en vooral de stroombaan open wordt gehouden. Daarnaast is het streven meer beschaduwning te creëren met opgaande begroeiing om plantengroei (en dus het onderhoud) te beperken. Voldoende stroming helpt hier ook bij.

Aanbevelingen

Het is aan te bevelen waar mogelijk de inrichting van de beek te verbeteren. Dus meer sinuositeit, een natuurlijker en kleiner profiel, minder verstuwning en meer beschaduwning. Dit sluit goed aan op de huidige praktijk van beekherstelmaatregelen. Voldoende stroming in de zomer is daarbij essentieel. Een goede waterkwaliteit (zoals voldoende zuurstof en lage concentraties ammonium, zware metalen/cadmium, maar ook bestrijdingsmiddelen en nutriënten) blijft ook belangrijk.

De analyses zijn nu uitgevoerd voor macrofauna. Ook voor de kwaliteitselementen overige waterflora en vis moeten de waterlichamen voldoen aan de KRW-doelen. Het verdient aanbeveling om in een vervolg ook gegevens van deze kwaliteitselementen, inclusief de deelmaatlatten, te vergelijken met de gegevens van de abiotiek. Voor macrofyten (onderdeel van overige waterflora) liggen relaties met onderhoud en beschaduwning voor de hand, terwijl voor vis geschikt habitat en optrekbaarheid naar verwachting essentieel zijn.

Deze analyse laat duidelijk zien dat een verandering van intensief naar extensief onderhoud veel verbetering in EKR en onderliggende deelmaatlatten kan opleveren. Bij voorkeur in combinatie met beschaduwning. Waar de inrichting al redelijk goed is, zijn de doelen met kleinschalige maatregelen al te bereiken. Hier zijn grote beekherstelprojecten dan niet meer nodig. Sturen op stroming(versiteit) en het verminderen of aanpassen van onderhoud kan daar al sterk bijdragen aan het bereiken van de KRW-doelen. Verminderen van onderhoud betekent dan, naast minder intensief maaien, ook het laten liggen van houtstructuren en toestaan van beschaduwning. In de natuurbeken is alleen incidenteel onderhoud in de stroombaan gewenst en moet ook dood hout blijven liggen.

Referenties

1. KRW-factsheets, 2015. Factsheets definitief december 2015. Waterkwaliteitsportaal.
2. Pesman, M., Evers, C. H. M. & Kits, M. (2016). Succesfactoren en leerervaringen van beekherstel uit de praktijk. *H2O-Online*, 7 november 2016.
3. Schipper, M. & Evers, C. H. M. (2017). *Data- en trendanalyses ecologie en relaties met stuurvariabelen*. Waterschap De Dommel. Royal HaskoningDHV BE1732
4. Evers, C.H.M., Barten, I. & Scheepens, M. (2017). De KRW-doelen voor macrofauna komen langzaam in zicht. *H2O-Online*, 23 juni 2017.

5. Buskens, R., Barten, I., Kits, M. en Vermulst, H. [red.], 2012. *Handreiking Ontwikkeling Waterlopen (HOW)*. Royal HaskoningDHV 9W7944
6. Evers, C.H.M. & M. Schipper, 2016. HOW-update 2016. Royal HaskoningDHV BE1732
7. Van der Molen, D. et al. (2012). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021*. STOWA 2012-31
8. Katwijk, M.M., Braak, C. J. F. ter (2008). *Handleiding voor het gebruik van multivariate analysetechnieken in de ecologie*. Ecoscience, Radboud Universiteit Nijmegen (Versie 1.1).
9. Hendriks, P. et al. (2016). Ruimte voor natuur bij onderhoud aan watergangen. *H2O-Online*, 15 februari 2016
10. Evers, C. H. M. & Schipper, M. (2015). *Resultaten analyses Kallisto-meetlocaties*. Royal HaskoningDHV BD7224
11. Schipper, M. & Evers, C. H. M. (2016). *Data-analyse macrofauna responsies*. Waterschap Brabantse Delta. Royal HaskoningDHV BE5419
12. Verdonschot, R. et al., (2016). Invloed van beekbegeleidende bomen op de ecologische kwaliteit van Noord-Brabantse beken. *H2O-Online*, 28 juli 2016
13. Browne, G., P. de Kwaadsteniet, G. Schmidt, J. van Kempen, 2016. Werken aan klimaatbestendige beken - Wat is het effect van beekbegeleidende beplanting op beektemperatuur? *H2O-Online*, 18 maart 2016