

Werken aan klimaatbestendige beken - Wat is het effect van beekbegeleidende beplanting op beektemperatuur?

Gideon Browne (Universiteit Utrecht), Pim de Kwaadsteniet (Tauw), Gertie Schmidt (Waterschap Vechtstromen), Jan van Kempen (Waterschap Veluwe en Vallei)

Dit artikel beschrijft de resultaten van een onderzoek van Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap Vechtstromen en Tauw naar het effect van beschaduwning op de temperatuur van R4-, R5- en R6-beken. De belangrijkste conclusie is dat volledig beschaduwde beektrajecten van het type R4 en R5 relatief koel zijn in verhouding tot minder beschaduwde trajecten. Het waargenomen verschil kan oplopen tot 2°C. Verder bleek dat de koelste trajecten vaak beschaduwd waren met bredere stroken bos, terwijl de iets warmere, geheel beschaduwde trajecten alleen beschaduwd waren met een enkele bomenrij. Voor type R6 bleek dit verkoelende effect nauwelijks aantoonbaar.

De watertemperatuur is belangrijk voor het ecologisch functioneren van (laagland)beken [1], [2], [3]. In de huidige situatie liggen veel beken in een (half)open landschap. Mede door de opwarming van de aarde heeft beschaduwning van laaglandbeken de aandacht van de waterschappen. De Kaderrichtlijn Water (KWR) is hiervoor een belangrijke motor [4]. Maar werkt het aanbrengen van beekbegeleidende beplanting bij temperatuurregulatie? En hoe werkt het? Hoeveel beschaduwning is nodig om de temperatuur van het beekwater substantieel te verlagen en hoe sterk is de temperatuurstijging van het beekwater in de afgelopen decennia? Dit waren vragen waar dit onderzoek zich op richtte. Naast het verkrijgen van inzichten in de effecten van beschaduwning op beektrajecten, was het doel van dit onderzoek om een model te testen dat de mate van beschaduwning van beektrajecten kan berekenen. Hieruit volgde een afgeleid doel om te onderzoeken op welke manier deze beschaduwingsdata het best gebruikt en gecorrleerd konden worden met beschikbare fysisch-chemische data die de waterschappen hebben verzameld in hun reguliere monitoringsprogramma.

Om de effecten van stijgende klimaattemperaturen van de laatste (en toekomstige) decennia te mitigeren, is het belangrijk goede informatie te hebben over toepasbare en effectieve oplossingen. Dit onderzoek focust zich voornamelijk op de relatie tussen mate van beschaduwning en beektemperatuur en voorziet in een behoefte aan informatie over welke maatregelen beken kunnen beschermen tegen verhoogde temperaturen en welke dat niet of minder doen.

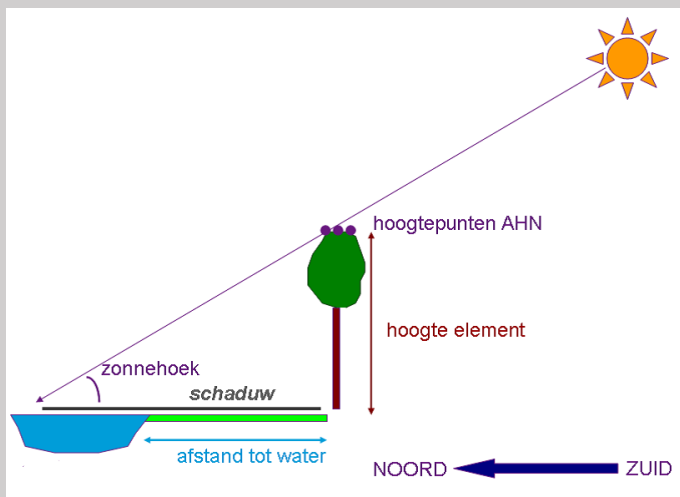
Combineren en correleren van gegevens

Bij de start van het onderzoek zijn in overleg met de participerende waterschappen beektrajecten geselecteerd die geschikt zijn voor analyse. Deze trajecten bevatten monsterpunten waarvan over een aantal recente jaren gegevens van een groot aantal factoren zijn verzameld. De trajecten die geanalyseerd zijn betreffen het (fysisch-chemische) monsterpunt en het beektraject van 100 meter vóór het monsterpunt. Er is in dit onderzoek gekeken naar de invloed van beschaduwning van een beektraject van 100 meter op de temperatuur gemeten op het monsterpunt. Uiteraard is niet alleen de schaduw op het traject van 100 meter van invloed op de gemeten temperatuur. Met name de beektemperatuur stroomopwaarts van dit traject en eventuele toestroom van grondwater zijn van invloed op de temperatuur stroomopwaarts van het monsterpunt. Door gebruik van een grote dataset

is gepoogd om de invloed van beschaduwing van 100-metertrajecten op de beektemperatuur in beeld te krijgen.

De onderzoeksresultaten zijn verkregen door de gegevens van twee databases te combineren. Allereerst zijn de fysisch-chemische gegevens aangeleverd door Waterschap Vallei en Veluwe en Waterschap Vechtstromen. Ten tweede is door middel van het schaduwmodel van Tauw (zie kader en afbeelding 1) een database gecreëerd van de mate van beschaduwing op de 100-metertrajecten voor de monsterpunten. Deze mate van beschaduwing is vervolgens gecorreleerd met een aantal factoren uit de database van de waterschappen.

Het schaduwmodel is een relatief simpel concept. Met behulp van het Algemene Hoogtebestand Nederland (AHN) en kaarten van de betreffende beektrajecten, kan met behulp van Geographical Information Systems (GIS) een model gerund worden over het geselecteerde traject. In het model kan een aantal parameters ingesteld worden zoals de hoek van de zoninval en vanaf welke hoogte schaduw mag worden gecreëerd. Uiteindelijk geeft het model een percentueel berekende eenheid van de mate van beschaduwen over een traject. Verder worden de berekende schaduwlijnen in het model getekend zodat bij inzoomen goed te zien is waar de beschaduwing zich bevindt en hoe deze over het traject valt. Afbeelding 1 toont een schematische weergave van de werking van het model.



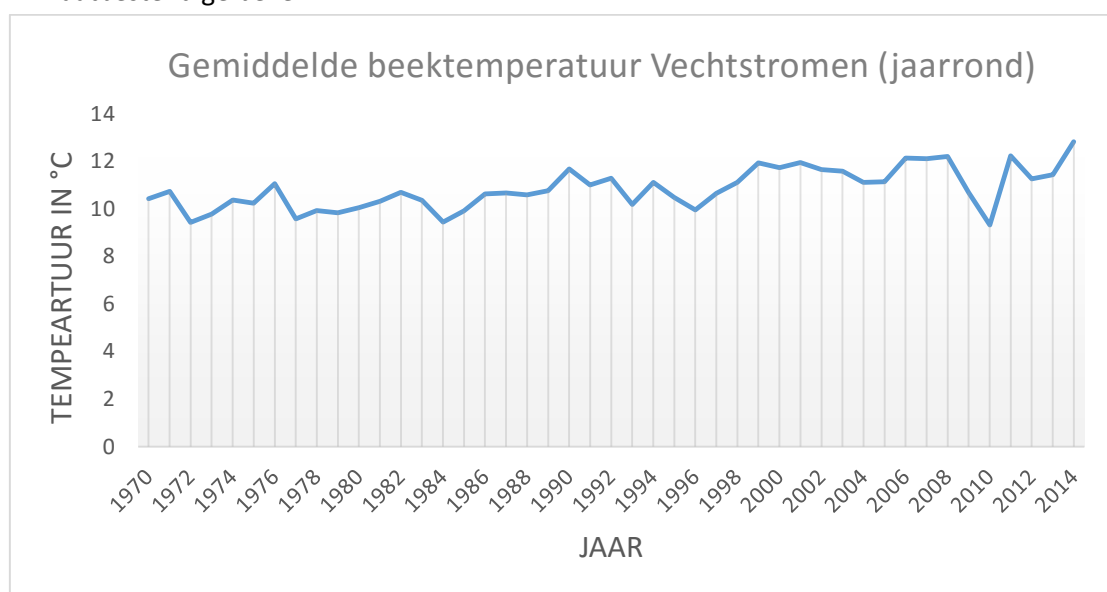
Afbeelding 1: Schematische weergave schaduwmodel Tauw.

Uitvoering en gekozen paramaters

Bij dit onderzoek is het belangrijk dat gegevens goed op elkaar zijn afgestemd. Aangezien de sterkste opwarming plaats vindt gedurende de maanden mei, juni, juli, augustus en september (en hierin ook de hoogste watertemperaturen voorkomen), is ervoor gekozen om de gemeten beschaduwing alleen te correleren met data uit deze maanden. Hiermee is ook rekening gehouden bij de keuze van de zonnehoek (50°) als parameter van het model. Naast het effect op de watertemperatuur, is ook onderzocht of de mate van beschaduwing mogelijk gecorreleerd kan worden met de factoren zuurstofgehalte en ammoniumgehalte.

Gemiddelde temperatuurstijging

Voor de beken in de beheergebieden van beide waterschappen is gekeken in hoeverre klimaatverandering van de laatste decennia (1970 tot 2014) terug is te zien in de gemiddelde beektemperatuur (jaarrond). In beide beheergebieden is een stijgende trend waarneembaar. Afbeelding 2 illustreert dit voor de beken in het beheergebied van Waterschap Vechtstromen. De jaargemiddelde watertemperaturen van de beken in beide waterschappen zijn in de laatste 40 jaar ongeveer 3°C gestegen. Maximale temperaturen die in de onderzochte beektrajecten zijn gemeten lopen uiteen van 22 tot 27°C. Deze resultaten komen overeen met resultaten in soortgelijke onderzoeken [5], [6]. Deze resultaten illustreren het belang van het vinden van oplossingen om deze opwarming tegen te gaan. Het jaar 2015 was het warmste jaar ooit gemeten. Als deze stijging blijft doorgaan is de schade aan flora en fauna, vooral in nichegebieden die temperatuurafhankelijk zijn, waarschijnlijk substantieel. Het is daarom van belang nu te zoeken naar opties om te komen tot klimaatbestendige beken.

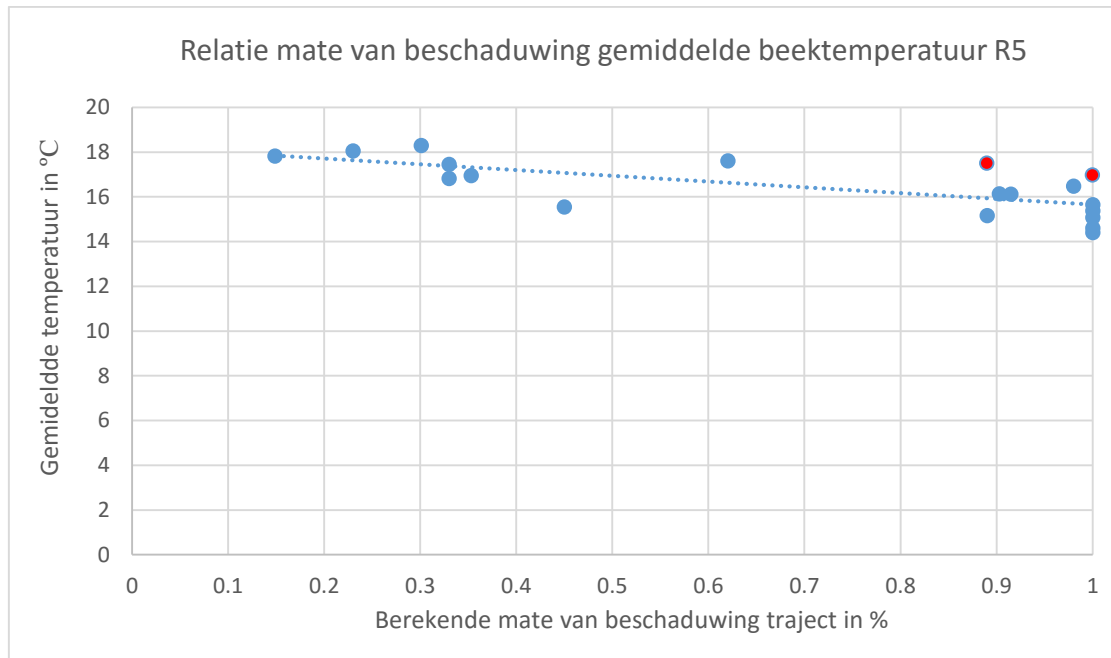


Afbeelding 2. Gemiddelde beektemperatuur R4,R5,R6 Vechtstromen (jaarrond)

Gecorreleerd effect beschaduwng op beken van type R4 en R5

Aan de hand van de resultaten kan worden gesteld dat het beschaduwen van beken een verkoelend effect heeft op de beektemperatuur. Alle beken warmen op in de zomermaanden, maar de minst beschaduwde beektrajecten van type R4 en R5 (langzaam stromende bovenloop op zand, respectievelijk een langzaam stromende midden/benedenloop op zand) vertonen een sterkere opwarming dan volledig beschaduwde beektrajecten. Beschaduwng van 100 meter leverde gemiddeld een temperatuurdaling van 2°C op in vergelijking met geen beschaduwng. Er zijn met behulp van de Spearman-rank-order-correlatietoets statistisch significante correlaties gevonden voor de verhoudingen tussen de mate van beschaduwng en beektemperatuur voor beektypen R4 en R5. Deze toets zegt iets over de correlatie tussen de twee paramaters in de data. Onderstaande afbeelding toont de gevonden correlatie voor beektrajecten van het type R5. Ook in de literatuur zijn voorbeelden te vinden waarin deze correlatie wordt aangetoond [7], [8], [9]. In deze literatuur wordt veelal niet de R-classificatie gebruikt, maar aangezien de onderzochte trajecten vaak niet breder zijn dan 6 meter, zijn deze goed vergelijkbaar met de door ons gebruikte R-typen.

Uiteraard heeft elk gemeten beektraject van 100 meter een historie. Wanneer een traject dat volledig beschaduwd is toch een hoge temperatuur heeft op het monsterpunt, dan is het goed mogelijk dat er verder stroomopwaarts opwarming heeft plaatsgevonden. Ook kan een lage watertemperatuur, gemeten na een onbeschaduwd traject, het gevolg zijn van verkoeling ervoor. De resultaten per locatie moeten worden gezien als een momentopname in een langlopend beektraject. Alle beschouwde 100-metertrajecten samen geven echter aan dat beschaduwning werkt.



Afbeelding 3. Relatie van percentuele mate van beschaduwning in verhouding tot gemeten beektemperatuur van beektrajecten met type R5. $r_s(17) = 0,746$, $p = 0,000 < 0,005$. De twee rode stippen geven gemeten temperaturen aan die boven de verwachting liggen. Mogelijk komt dit door opwarming verder stroomopwaarts.

Verder blijkt uit de resultaten dat hoe breder de beek, hoe kleiner het beschaduwningseffect is. Zo zien we in beektrajecten van zowel type R4 als R5 nog een sterke relatie tussen temperatuur en schaduw, terwijl deze in trajecten van type R6 nauwelijks meer zichtbaar is. Soortgelijke relaties zijn ook gevonden in [10]. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat een grotere waterkolom minder vatbaar is voor temperatuurveranderingen aan het oppervlak. Bredere beken zijn vaak ook dieper en zonlicht kan niet altijd de tot de diepste plekken doordringen, terwijl dit bij beken van het type R4 of R5 vaak wel gebeurt. Verder is kans op volledige beschaduwning bij een bredere beek kleiner.

Effect beschaduwning op parameters ammonium en zuurstof

Naast de invloed op watertemperatuur is er ook gekeken of beschaduwning gecorreleerd kan worden aan de gemeten concentraties ammonium en zuurstof in het beekwater. Helaas bleek het met de gebruikte dataset niet mogelijk significante (enkelvoudige) correlaties te vinden tussen beschaduwning en ammonium en/of zuurstof. Deze waterkwaliteitsparameters worden behalve door temperatuur ook door tal van andere factoren beïnvloed.

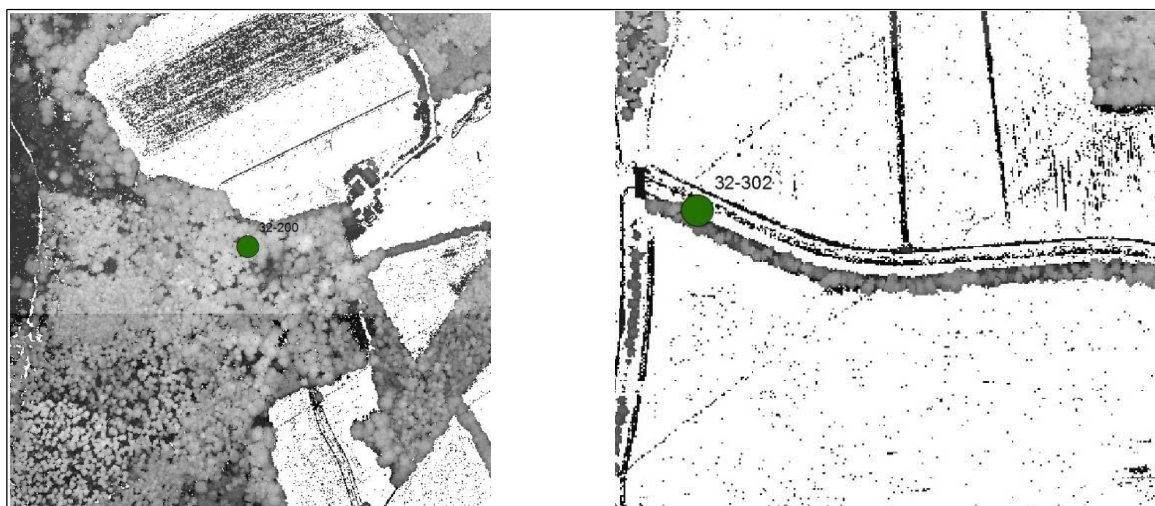
Implicaties voor beleid en beheer van laaglandbeken

Uit bovengenoemde resultaten valt op te maken dat de gemiddelde temperatuur van R5- of R4-beken ongeveer 2°C lager is wanneer deze over een traject van 100 meter volledig beschaduwd is, ten

opzichte van een onbeschaduwde situatie. Voor de vertaling van dit inzicht naar de praktijk is er echter een aantal andere factoren waar rekening mee gehouden dient te worden. De hydrologie van de beek, de (buffer)breedte van de vegetatie, het vegetatietype en de diepte van de wortelzones zijn factoren die van invloed zijn op de effectiviteit van beekbegeleidende vegetatie [11]. De Walle stelt dat de hoogte en de dichtheid van de beekbegeleidende vegetatie mogelijk net zo belangrijk zijn als de breedte van de strook [12].

Beekbegeleidende beplanting – hoe breed?

Tijdens dit onderzoek viel het op dat beken die beschaduwd werden door brede stroken bos vaak koeler waren dan beken met eenzelfde percentage beschaduwing, maar alleen beschaduwd door een rij bomen aan de oever. Bredere stroken bos leveren mogelijk een extra verkoelend effect op omdat de luchttemperatuur in het bos (door minder zonlicht en verdamping van het gewas) lager is. Het beekwater wordt dan tevens gekoeld door een lagere luchttemperatuur er direct boven. Het is daarom aan te bevelen om, wanneer dit mogelijk is, bredere stroken beplanting langs een beek aan te leggen. Onderstaande afbeelding illustreert het waargenomen verschil.



Afbeelding 4. Twee monsterpunten uit beektraject Puntbeek. In beide trajecten lag de mate van beschaduwing, bepaald door het model, vrij dicht bij elkaar. Er was echter een temperatuurverschil tussen de 2 monsterpunten van ongeveer 3°C. Het 100m-traject stroomopwaarts van het punt links ligt in een bosrijke omgeving met veel extra schaduw, terwijl de 100m vanaf het rechter punt vrijwel alleen beschaduwing heeft van de hier aanwezige bomenrij.

In de meeste literatuur wordt gepleit voor een brede, zo veel mogelijk aaneengesloten beschaduwing [12], [11], [13]. Ook met het oog op beperking van de toestroom van nutriënten, ruimte geven aan de dynamiek van de beek, biodiversiteit en landschapsherstel is deze aanpak te verkiezen. Naar verwachting kunnen lange, aangesloten, brede stukken beekbegeleidende beplanting een geschikte habitat en structuur bieden voor de gewenste biotiek. De breedte van de buffers benodigd voor beekherstel hangt af van de gestelde doelen en kan 10 tot honderden meters breed zijn. Vaak worden buffers van 15 meter of meer aangeraden als minimum om waterkwaliteits- en visdoelen te halen [14]. Hoewel het aanbrengen van beekbegeleidende vegetatie een verkoelend effect teweeg brengt, wordt het gewenste effect van een aantal graden verkoeling niet altijd bereikt. Uit de data is geen generieke regel af te leiden over de mate van temperatuurverlaging versus de aanwezigheid van beekbegeleidende schaduwgevende beplanting. Het beschaduwen van beken met als doel de

beektemperatuur te verlagen is een kwestie van maatwerk, waarbij echter nog niet alle relevante factoren in beeld zijn.

Klimaatverandering maakt het noodzakelijk om te werken aan verkoelende maatregelen voor (laagland)beken. Dat beekbegeleidende beplanting hierbij werkt is aangetoond. Dat bredere bosstroken meer invloed hebben dan een enkele bomenrij evenzeer. Nader onderzoek is nodig om de waterschappen praktische handvatten te bieden om beekbegeleidende beplanting effectief in te zetten als mitigerende maatregel tegen klimaatverandering. De prachtige beken zijn het waard!

Referenties

1. Webb, B. W., Hannah, D. M., Moore, R. D., Brown, L. E., & Nobilis, F. (2008). Recent advances in stream and river temperature research, *Hydrological processes* 22(7), 902–918.
2. Hill, R. A., Hawkins, C. P., & Jin, J. (2014). Predicting thermal vulnerability of stream and river ecosystems to climate change, *Climate change*, 125(3), 399–412.
3. Dohet, A., Wetzell, C. E., Hoste, L. L., François, J., Hoffmann, L., & Ector, L. (2015). Influence of thermal regime and land use on benthic invertebrate communities inhabiting headwater streams exposed to contrasted shading, *Science of the Total Environment* 505, 1112–1126.
4. Evers, C.H.M., Nieuwburgh, L.L.J van, Molen, D.T. van der, Pot, R., Amersfoort: Stowa 04-11-2012. *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021*
5. Johnson, M. F., Wilby, R. L., & Toone, J. A. (2014). Inferring air - water temperature relationships from river and catchment properties, *Hydrological processes*, 28(6), 2912-2928
6. Caldwell, P., Segura, C., Laird, S.G., Sun, G., McNulty, S.G., Sandercock, M., Boggs, J., Vose, J.M. (2015). Short-term stream water temperature observations permit rapid assessment of potential climate change impacts, *Hydrological processes*, 29 (9), 2196-2211
7. Johnson, S.L. (2004). Factors influencing stream temperatures in small streams : substrate effects and a shading experiment, *Canadian journal of Fisheries and aquatic sciences*, 61(6) 913–923
8. Walle, D.R. de (2010). Modelling stream shade: Riparian buffer height and density as important as buffer width. *Journal of the American water resources associations* 46 (2), 323–333.
9. Broadmeadow, S. B., Jones, J. G., Langford, T. E. L., Shaw, P. J., & Nisbet, T. R. (2011). The influence of riparian shade on lowland stream water temperatures in southern England and their viability for brown trout. *Riv.Research*, 27 (2), 226–237
10. Quinn, J. M., & Wright-stow, A. E. (2009). Stream size influences stream temperature impacts and recovery rates after clearfell logging, *Forest Ecology and Management* vol. 256 (12), 2101–2109
11. Roni, P., Beechie, T., (2012) *Stream and Watershed Restoration: A guide to Restoring riverine Processes and habitats*. John Wiley & Sons, Ltd. Hoboken, New Jersey.
12. Walle, D.R. de (2008) Guidelines for Riparian Vegetative Shade Restoration Based Upon a Theoretical Shaded Stream Model. *Journal of the American water resources association*, 44 (6), 1373-1387

13. Verdonschot, P., Besse, A., de Brouwer, J., Eekhoud, J., Fraaije, R. (2012) Beekdal Breede Hermeanderen: Bouwstenen voor de leidraad voor innovatief beek- en beekdalherstel. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer Rapport 2012. 36
14. Fischer, R.A., Fischenich, J.C. (2000) Design recommendation for Riparian corridors and vegetated buffer strips. U.S Army Engineer Research and Development Center, Environmental Laboratory. Vicksburg, MS.