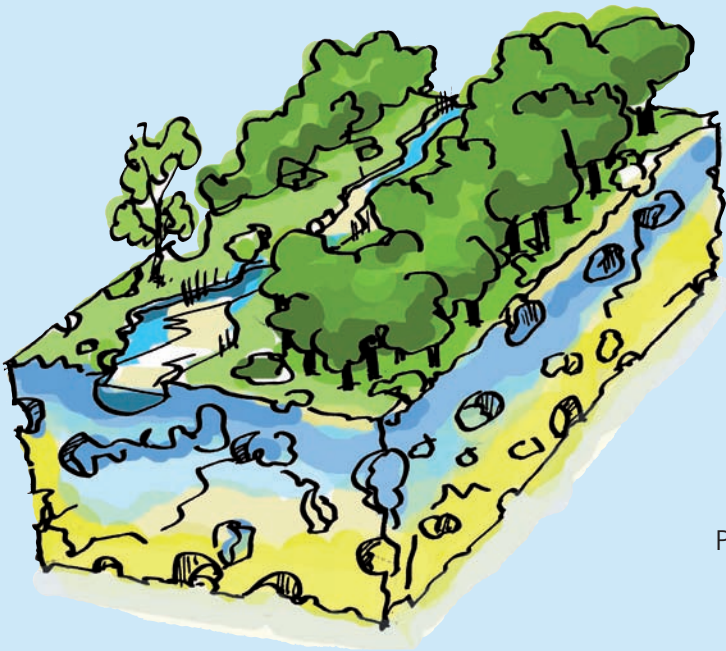


# Het brede beekdal als klimaatbestendige buffer in de veranderende leefomgeving

*Flexibele toepassing van het 5B-concept in Peel en Maasvallei*



Piet Verdonshot



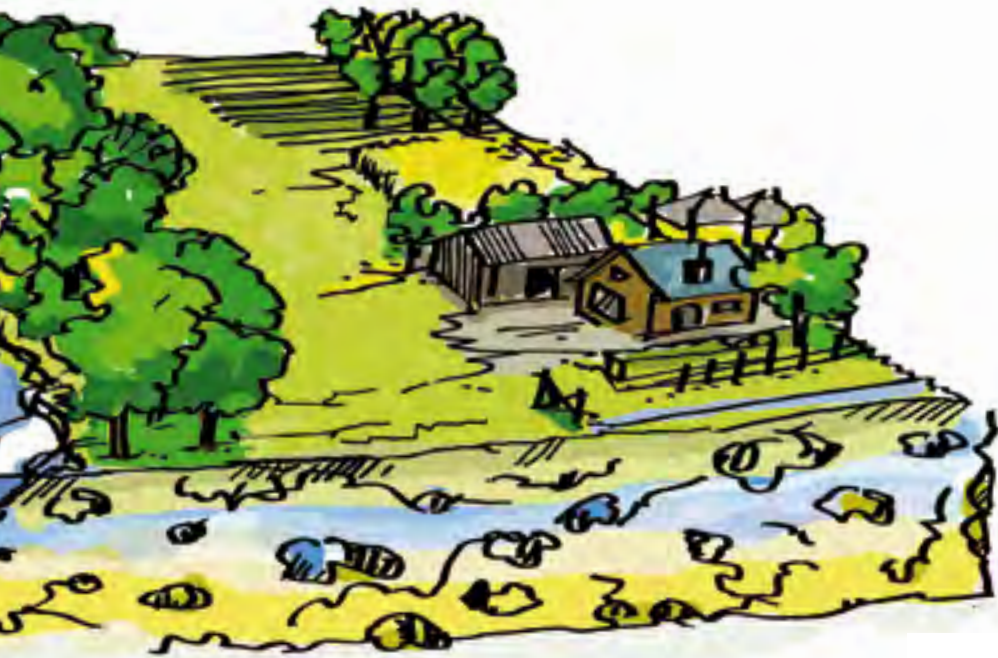
# Het brede beekdal als klimaatbestendige buffer in de veranderende leefomgeving

*Flexibele toepassing van het 5B-concept in Peel en Maasvallei*



Piet Verdonschot







*het flexibele 5B-concept*

# Inhoud

Voorwoord	6
<i>Henk van Alderwegen, voorzitter van Waterschap Peel en Maasvallei</i>	
1. Beekdalen breed inrichten geeft veerkracht	9
2. Beekdalbrede bufferzones	13
3. Veerkracht en klimaatbestendigheid	23
4. Hoe werkt het? I: waterberging en opvang van stoffen	24
5. Hoe werkt het? II: natuurlijke elementen	29
6. Hoe werkt het? III: bewoners van de beek	32
7. Wat brengt ons het brede beekdal?	38
8. Hoe doe je het? I: omgeving van het beekdal	42
9. Hoe doe je het? II: bouwstenen in een flexibel groeimodel	47
10. Hoe doe je het? III: stappen in het proces	50
11. Voordelen van het brede beekdal	53
Referenties	55
Begrippenlijst	60

# Voorwoord

Noord- en Midden-Limburg kennen een ontginningsgeschiedenis waarbij de eisen van landbouwkundig gebruik voorop hebben gestaan. Afvoer van overtollig water stond centraal. De natuurlijke beken zijn daarbij niet gespaard. Ook die moesten worden gekanaliseerd om aan de afvoernorm te voldoen. Niet alleen schoon water werd afgevoerd. Ook het vieze water van de fabrieken, riolen en de landbouw. De cultuurtechniek schreed voort als wetenschap en er werden waterlopenstelsels aangelegd voor wateraanvoer uit de Maas voor droge tijden.

De samenleving stelt nu andere eisen aan de leefomgeving en dus ook aan het grondgebruik. Ruimtelijke ordeningsplannen met hernieuwde functietoekenning en daarop afgestemde herinrichtingprojecten zijn aan de orde van de dag. Dit is een soort vernieuwde vorm van ruilverkaveling. Ook bij het beheer van onze omgeving worden andere doelstellingen gehanteerd. Zo geldt bij waterbeheer nu het herstel van ecologische kwaliteit van het water als doelstelling.

Een zware opgave, ook voor Waterschap Peel en Maasvallei. Wij zijn al in de jaren 90 begonnen met beekherstelprojecten. We gaan daarbij voor het herstel van diversiteit in morfologie van de beek en van de oevers. Die vormen de basis voor de ontwikkeling van een stabiel ecosysteem. Meanderende beken terug in het landschap zijn het resultaat. De aangebrachte diversiteit leidt tot verbluffende resultaten als het gaat om waterkwaliteit en om het ecosysteem dat zich in en om de beek ontwikkelt.



Nu gaan we verder: herstel van het watersysteem is als hoogste doel gekozen. Het middel daartoe is: water vasthouden. In Noord- en Midden-Limburg is water vasthouden een topic bij het waterschap geworden. Dat de Limburgse waterschappen ook het ondiepe grondwater beheren, is daaraan debet. Water vasthouden in de bodem kan goed in de zandgronden van Noord- en Midden-Limburg. Aanleg van honderden stuwen in boerenslootjes en het dempen van tertiaire waterlopen in natuurgebieden helpt. De heruitgevonden peilgestuurde drainage is bij ons inmiddels standaard; aanleg van traditionele drainage is bij keurverordening verboden. Maar we gaan verder. Samen met de provincie, als verantwoordelijke om de Rijks-natuurdoelen te realiseren en als ILG-gebieds-regisseur gaan we nu voor een integrale gebiedsaanpak in de beekdalen.

En zo komen we tot de gedachten die door Alterra, het kennisinstituut voor de groene ruimte van Wageningen UR, in dit boekje zijn uitgewerkt. Samen met Alterra kunnen we de brug slaan tussen wetenschap en praktijk. De beekdalbrede benadering bij herinrichting brengt wat we willen en nodig hebben: een toekomstbestendige inrichting van het landelijke gebied.

Henk van Alderwegen  
*Voorzitter van Waterschap Peel en Maasvallei*

## beekdalen in Nederland



# 1 Beekdalen breed inrichten geeft veerkracht

In Nederland zijn we erg goed in het creëren en beheren van kanalen, sloten en andere watergangen. Een hele tijd lang was dat ook toereikend. Inmiddels hebben we te maken met een toenemende aandacht – voor naast landbouw – andere functies van het landelijke gebied en een veranderende visie op wateroverlast en veiligheid. Dwars door dit alles speelt de klimaatverandering met allerlei onvoorziene en destabiliserende verschijnselen als overstromingen, veranderende neerslag en temperaturen en een stijgende waterspiegel. Daardoor krijgen we andere behoeften. Veel (ecologisch en hydrologisch) deskundigen zijn ervan overtuigd dat we onze omgeving beter benutten als we de natuurlijke basis laten terugkeren. Daardoor neemt de biodiversiteit toe. Een hoge biodiversiteit heeft een positieve invloed op de veerkracht. En hoe groter de veerkracht, hoe beter opgewassen tegen onverwachte wijzigingen.

Als verder reguleren, door het aanleggen van dammen en bassins, geen duurzame optie is, hoe bergen we het water dan? Steeds meer deskundigen bij waterschappen, overheidsinstellingen en agrarische ondernemingen zijn voorstander van het vergroten van de aandacht voor de oorspronkelijke waterconserverende én ecologische functies van het gebied, die duizenden jaren duurzaam zijn geweest. De ingrepen richten zich dan op het ondersteunen van de sponswerking van de natuurlijke omgeving. Op die manier kunnen we de natuurlijke bodem- en watersystemen benutten en op een duurzame manier profiteren van de aanwezige natuurlijke processen om een buffer op te bouwen.

## **Politiek en wetgeving**

Watertekort en wateroverlast kunnen enorme schade veroorzaken. Verschillende watertekort- en wateroverlastsituaties hebben onder andere geleid tot het nationaal onderzoeksprogramma verdroging, het begrip 'ruimte voor water', het advies van de Commissie Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw, de startovereenkomst WB21 en het Nationaal Bestuursakkoord Water. Centraal in het nieuwe waterbeleid: de veiligheid van Nederland moet worden gewaarborgd en de kans op overstromingen mag niet toenemen. Dit nieuwe waterbeleid wordt vanuit het kabinet en de landelijke overheid via wetgeving en beleidsvorming doorgevoerd richting de regionale overheden, zoals de provincies, de waterschappen en de gemeenten.

## **Omgaan met klimaatverandering**

Steeds vaker verschijnen rapporten waarin een klimaatbestendiger Nederland wordt bepleit via het herstellen en revitaliseren van de natuurlijke landschapsvormende processen. Het besef groeit dat de omvang van de verwachte klimaatverandering dermate groot is, dat technische oplossingen voor het waterbeheer alléén niet meer zullen volstaan. De landschapsvormende processen vergroten de veerkracht en daarmee de klimaatbestendigheid van systemen. Door deze processen te reactiveren of te revitaliseren wordt een duurzame bijdrage geleverd aan het meegroeien van Nederland met de klimaatverandering. Daarbij wordt tevens ruimte geboden aan andere belangrijke doelen, namelijk natuur en andere functies zoals wonen, werken en recreatie.

## **Temperatuur- en neerslagveranderingen in Nederland**

“De recente periode met wereldwijd gemiddeld warme jaren valt deels samen met een serie warme jaren in Nederland. In ons land is de temperatuur sinds 1900 met gemiddeld 1,2 graad gestegen. Vooral sinds 1987 was het opmerkelijk warm: vrijwel alle jaren daarna horen tot de warmste van de twintigste eeuw. Het warmste jaar van de afgelopen honderd jaar was 2006 met gemiddeld 11,2 graden, daarna volgen 1990, 1999 en 2000 met gemiddeld 10,9 graden tegen 9,8 normaal. Voor een heel jaar is dat een enorme afwijking.

De jaarlijkse neerslag is in Nederland toegenomen, deels in samenhang met het warme weer vanaf 1906 viel 18% meer regen: alle winterhalfjaren (nov-apr) met in De Bilt meer dan 500 mm neerslag kwamen na 1960 voor. Het jaar 1998 stond helemaal in het teken van de regen en wateroverlast: met 1240 mm in De Bilt was 1998 het natste jaar sinds het begin van de metingen.”

Bron: KNMI ([www.KNMI.nl](http://www.KNMI.nl))



**Tabel 1** Indeling van de Nederlandse oppervlaktewateren in typen (bron: CUWVO)

<b>Wateren van rivierstelsel</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• bronnen</li><li>• beken</li><li>• kleine rivieren</li><li>• rivieren</li></ul>	<b>Stagnante wateren, al dan niet gegraven</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• vennen en pingo-ruïnes</li><li>• duinmeren</li><li>• wielen</li><li>• oude rivierarmen</li><li>• zand-, grind- en kleigaten</li><li>• petgaten</li><li>• meren en plassen</li></ul>
<b>Functionele wateren, gegraven</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• drinkpoelen</li><li>• stadswateren</li><li>• sloten</li><li>• weteringen en vaarten</li><li>• kanalen</li><li>• havens</li></ul>	<b>Brakke en zoute wateren</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• dobben</li><li>• inlagen</li><li>• zoute meren</li><li>• kreken</li><li>• getijdewateren</li><li>• de zee</li></ul>

### **De regio Peel en Maasvallei**

In dit boekje maken we veelvuldig gebruik van de situatie in de regio Peel en Maasvallei, waar bij dit gelijknamige Limburgse waterschap het herstel van beken en hun directe omgeving hoog op de agenda staat.

Het Waterschap Peel en Maasvallei heeft haar werkgebied in Noord- en Midden-Limburg. Het gebied grenst in het zuiden aan Roermond en België, in het westen en noorden aan de provincies Noord-Brabant en Gelderland en in het oosten aan Duitsland. Het is circa 130.000 hectare groot. Het omvat 19 gemeenten (o.a. Weert, Venray en Venlo) en circa 154.000 huishoudens.

De regio Peel en Maasvallei is een hellend gebied dat hoofdzakelijk bestaat uit zandgronden. Circa 15% van het gebied bestaat uit natuur, 15% uit stedelijk of bebouwd gebied en de overige 70% is landbouw. De landbouw bestaat hoofdzakelijk uit akkerbouw en tuinbouw.

### **Beekdalbrede bufferzones**

In haar oorspronkelijke toestand heeft een beek een geleidelijke overgang naar het omliggende land. Afhankelijk van de natuurlijke accenten van het gebied is een beekdal enkele tientallen meters tot enkele kilometers breed.

## Het Waterschap Peel en Maasvallei

Het waterschap beheert 2.030 km watergangen, 1.523 stuwen, 90 km primaire dijken, 6 rioolzuiveringsinstallaties en 81 rioolgemalen. Daarnaast beheren de agrariërs sinds 2008 ruim 1.000 stuwen in boerensloten. Het waterschap werkt als professionele waterpartner in Noord- en Midden-Limburg samen met partners aan veilige dijken, droge voeten, voldoende en schoon water.

De watergangen in het gebied bestaan uit zo'n 6.000 km beken en sloten. Het waterschap voert actief beheer op ongeveer een derde daarvan. Deze wateren zijn vrijwel allemaal ingezet ten gunste van een optimale landbouw. De maximale afwatering heeft geleid tot verdroging in de natuur en in de landbouw. Het gebied heeft zowel te maken met een verlaagde grondwaterstand als met een verlaagde kwaliteit van het water. Ook de biodiversiteit is afgenomen.

Het Rijksnatuurbeleidsplan van 1989 was de aanleiding om te starten met een herinrichting van de beken. In die begintijd werd sterk rekening gehouden met bestaande omliggende belangen. Dit leidde tot kunstmatige verlagingen met een scherpe aftekening in het landschap, die de beek (de Groote Molenbeek was de eerste) de ruimte gaf om in de winter buiten de diepere oevers te treden (zogenaamde twee-fasenprofielen).

De herinrichting van beken is vooral uiterlijk zichtbaar, in ondiepte en slingeren van de beken. Het waterschap is al vanaf de jaren 90 bezig met herinrichting van beken. Vanaf 2004 tot heden heeft ze ruim 60 km opnieuw ingericht.

De laatste jaren wordt bij het herinrichten van beken steeds meer aandacht besteed aan het inpassen in het landschap. Zo zijn de overgangen van de oevers geleidelijker en daarmee onopvallender.

Tot nu toe werd aan de grondwaterstand en het watersysteem weinig hersteld. Ook de omgeving van de beek blijft gelijk: landbouw vanaf de rand. Er is nog geen ecologische inrichting van het beeklandschap, met de benodigde verbindingen tussen de beek en haar omgeving.

## 2 Beekdalbrede bufferzones

In haar oorspronkelijke toestand heeft een beek een geleidelijke overgang naar het omliggende land.



Natuurlijk beekdal (links) resp. abrupte overgang (rechts) voor efficiënt landgebruik

Die overgang kan bestaan uit verschillende zones, die elk in meerdere of mindere mate kunnen voorkomen. De zones beschermen de natuurlijke kenmerken van de beek. Ze waarborgen de waterkwaliteit en bieden leefruimte aan planten en dieren. Ze zijn het afzetgebied voor sediment, voedingsstoffen en andere chemische stoffen. Sommige zones zijn begroeid met houtige gewassen (struiken en bomen), die schaduw geven, het beekwater koel houden, temperatuurfluctuaties dempen en het vermogen van de beek om zuurstof vast te houden vergroten. Deze eigenschappen zorgen voor een goed leefklimaat van planten en dieren. De bomen langs de beek leggen met hun wortels de oever van de beek vast en deze wortels brengen tegelijk variatie in het stromingspatroon van de beek aan. Het invallend blad en hout versterken de variatie in stroming en leefklimaat. Het waterbergende vermogen van de beek neemt hierdoor toe. Het waterbergende vermogen van de bufferzone is het vermogen van een gebied om water vast te houden (sponswerking) en verzorgt de aanvulling van het grondwater. Zo draagt de bufferzone ook bij aan de aanvulling van het grondwater.

De begroeiing in de overgangszones van de beek verhoogt de biodiversiteit van het gebied. Zoogdieren, vogels, insecten en andere dieren vinden er voedsel, schuilplaatsen, water, broedplaatsen en ruimte om zich te verplaatsen.

### **Natuurlijke situatie / vroeger**

In een natuurlijke situatie stroomt een beek door een gevarieerd landschap van bossen, struiken, gras en moeras. De beken kronkelen en hebben een geleidelijke overgang in het landschap. Soms is het een duidelijke beek, soms lijkt het een doorstroomd moeras. Het stroomgebied heeft buffercapaciteit en kan piekafvoeren opvangen doordat het dal periodiek overstroomt. De grote variatie in omstandigheden biedt veel verschillende soorten planten en dieren leefmilieu. Sediment en voedingsstoffen komen terecht in de bufferzone.

In Nederland zijn enkele beken te vinden die dit beeld benaderen: de Rode Beek (Limburg), de Bosbeek (Limburg), het Nartheciumbeekje (Limburg), de Ratumsche Beek (Achterhoek), Beekhuizerbeek (Veluwe), Springedalse beek (Twente) en het Anloër Diepje (Drenthe).

Veel meer en grootschaligere voorbeelden zijn te vinden in bijvoorbeeld midden-Polen.



*Grabia beek (midden-Polen)*



*Hierdensche beek (Veluwe)*





*Nartheциumbekje (Limburg)*



*Ratumsche beek (Achterhoek)*



*Beekhuizerbeek (Veluwe)*



*Springendalse beek (Twente)*



*Ruenbergerbeek (Twente)*



*Uffelse beek (Limburg)*



*Bovenloop (midden-Polen)*



*Zelsterbeek (Limburg)*



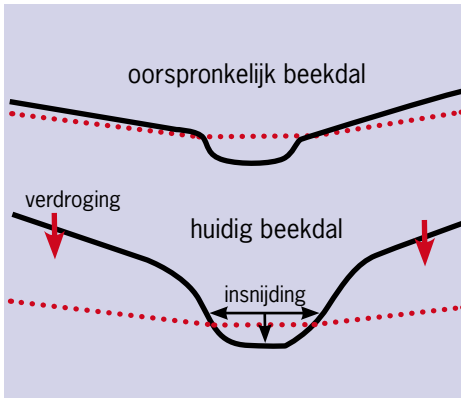
*Bronbeek (midden-Polen)*



*Benedenloop (midden-Polen)*

### **Diep ingesneden beek / nu**

De meeste Nederlandse beken zijn recht, diep ingesneden en zijn gestuwd. De overgang tussen beek en aangrenzende gronden is abrupt. Het stroomgebied is vergaand gedraineerd en dat verhoogt het risico op overstroming bij extreem veel neerslag. Er zijn weinig planten en dieren in en rond de beek. Het beekdal is verdroogd en verzuurd. Sediment en voedingsstoffen komen in de beek terecht.



Huidige situatie: diep ingesneden beek

De overgang tussen beek en aangrenzende gronden is abrupt. Het stroomgebied is vergaand gedraineerd en dat verhoogt het risico op overstroming bij extreem veel neerslag. Er zijn weinig planten en dieren in en rond de beek. Het beekdal is verdroogd en verzuurd. Sediment en voedingsstoffen komen in de beek terecht.



Noorbeek (Limburg): Natura 2000-gebied en toch diep ingesneden

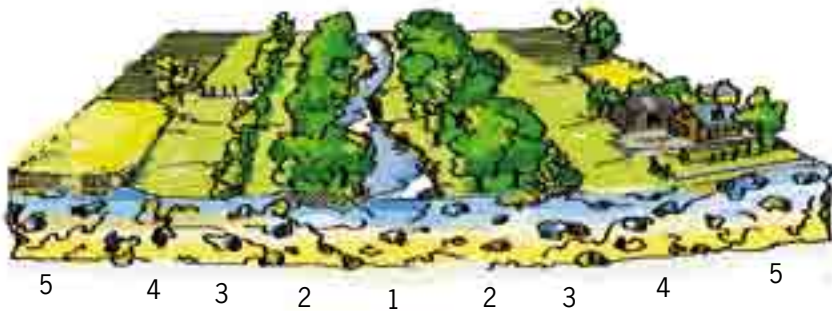


Jufferbeek (Twente): ondanks natuurlijke ligging diep ingesneden

### Beekdalbrede inrichting / toekomst?

De beekdalbrede bufferzones zoals eerder genoemd komen uit een theoretisch concept. Dit concept van de beekdalbrede benadering onderscheidt vijf zones: [het 5B-concept](#). Elk van deze zones kan in grotere of kleinere omvang voorkomen in het gebied tussen het beekwater en het aangrenzende hogere land. De zones bieden kansen aan verschillende gebruiksfuncties en dragen bij aan waterberging, klimaatbestendigheid en waterkwaliteit. Zoogdieren, vogels, insecten en andere dieren vinden er voedsel, schuilplaatsen, water, broedplaatsen en gebruiken de zones als verbindingroute.

Het 5B-concept is flexibel en kan ingevuld worden in elke denkbare omgeving, van stedelijk tot agrarisch tot multifunctioneel gebied.



Gewenste situatie: vernat beekdal

De vijf zones van het 5B-concept zijn:

- 1 Beek: het natte deel
- 2 Boszone: de direct langs de beek groeiende inheemse boomsoorten
- 3 Bosschagezone: de overgang van bos- naar bufferzone, ook geschikt voor bijvoorbeeld fietspaden
- 4 Bufferzone: de eigenlijke buffer tussen de beek en het intensief beheerde land, vaak met korte vegetatie
- 5 Beekflank: alle buiten de buffer gelegen agrarische percelen, verharde zones en/of bebouwde gebieden



*Elsbeek (Twente): slootbeek*



*Keersop (Noord-Brabant): stromende slootbeek*



*Gele beek (Twente): micro-meandering*



*Frederik Bernhardbeek (Veluwe): heringericht*



*Tengelroysebeek (Limburg): heringericht*



*Groote Molenbeek (Limburg): heringericht*

### **Te zien in de 5 zones van het 5B-concept:**



**Beek:** ingevallen takken, omgevallen bomen en ingewaaid blad zorgen voor een variatie in stromingspatronen, bieden leefruimte voor vissen en andere kleine waterdieren en verhogen het waterbergende vermogen van de beek.



**Boszone:** de bomen geven schaduw, waardoor het beekwater koel blijft. Dat geeft weinig algengroei, hoge zuurstofconcentraties en lage temperatuurfuctuaties. De boomwortels leggen de oever van de beek vast, brengen variatie in het stromingspatroon en de zone verhoogt het waterbergende vermogen.



**Boschagezone:** de bodem heeft door chemische processen een zuiverende werking en de zone verhoogt het waterbergende vermogen.



**Bufferzone:** het grasland bergt sediment, voedingsstoffen en andere chemische stoffen. De wortels zorgen voor een poreuze bodem, zodat het van de flank afstromende water gemakkelijk infiltreert (waterberging) en het grondwater aangevuld wordt.

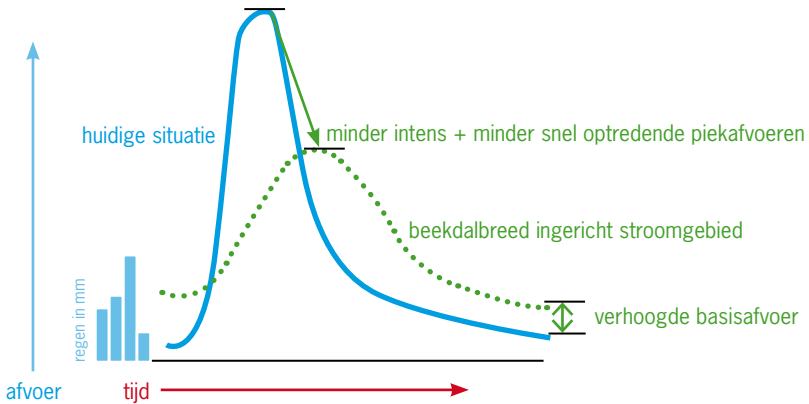


**Beekflank:** landgebruik door bebouwing, leven en landbouw.



### 3 Veerkracht en klimaatbestendigheid

#### veerkracht van het beekdal na een regenbui



*De beekdalbrede inrichting geeft meer veerkracht en is klimaatbestendig*

De beekdalbrede inrichting verhoogt de weerstand, veerkracht en klimaatbestendigheid van het gebied. Dat komt door een verplaatsing van de waterafvoer van 'diep en smal' naar 'ondiep en breed' en meer (ook boven maaiveld) bergend vermogen. Het lagere deel van het gebied heeft standaard een wat hogere waterstand. Bij extreme neerslag treden minder snel piekafvoeren op, omdat het waterbergingsgebied breder is en dus minder makkelijk overvol raakt. Er is meer ruimte voor inundatie (het tijdelijk onder water staan van een gebied na overmatige regen).

Tegelijkertijd biedt het bredere gebied betere en gevarieerdere leefomstandigheden voor plant- en diersoorten. Deze variatie zorgt er ook voor dat bij verstoring (bijvoorbeeld een piekafvoer door extreme regenval) grote weerstand en veerkracht aanwezig zijn.

## 4 Hoe werkt het? I: waterberging en opvang van stoffen

De begroeide zones zorgen ervoor dat het water beter vastgehouden wordt. Vooral de bos- en bosschagezone met allerlei recent gevallen organisch materiaal (strooisellaag) absorberen als een spons water en zorgen voor een bodemstructuur waarin water goed infiltreert. Natuurlijke bochten in de beek, die zonder menselijke ingrepen ontstaan (vrije meandering), maken een betere waterberging, sterkere structuren en chemische processen mogelijk. Een dergelijk beekdal biedt extra opvangcapaciteit in geval van extreme omstandigheden omdat bos- en bosschagezone mogen en kunnen inunderen.

### berging en sponswerking

Bos- en bosschagezone: berging en sponswerking



- iedere 30 m beekdalzone geeft 5% vermindering van oppervlakkige afspoeling
- berging en sponswerking
- vrije meandering geeft verbetering leefruimte en migratiemogelijkheden voor vis en andere organismen
- aanbevolen breedte voor extreme inundatie (incidenteel)

## kwel

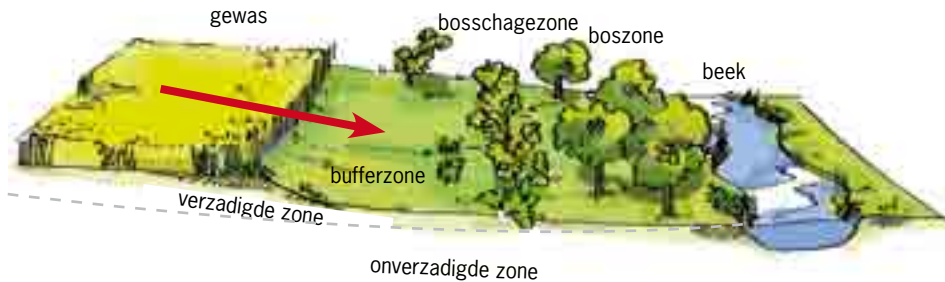
Bos- en bosschagezone: toevoer van grondwater (kwel)



- in boszone geeft kwel (kalkrijk) ontwikkeling van elzenbroekmoeras
- zonder bos geeft kwel langs de beek ontwikkeling van zeggenmoeras, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden

## sedimentbuffer

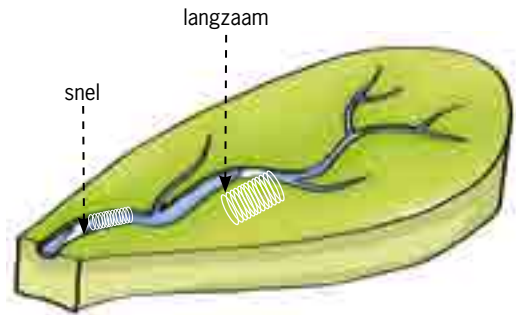
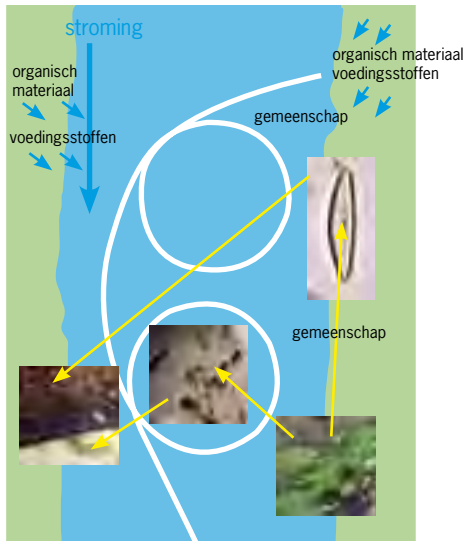
Buffer- en bosschagezone: opvang oppervlakkig afstromend sediment



- beekdalvegetatie vangt over een lengte van 6 - 60 m 30 - 95% sediment in
- bredere beekdalvegetatie = meer sedimentinvang
- te smalle zone geeft bij hevige neerslag toch kans op afspoeling
- korte en houtige vegetaties even effectief

## stromen van voedingsstoffen

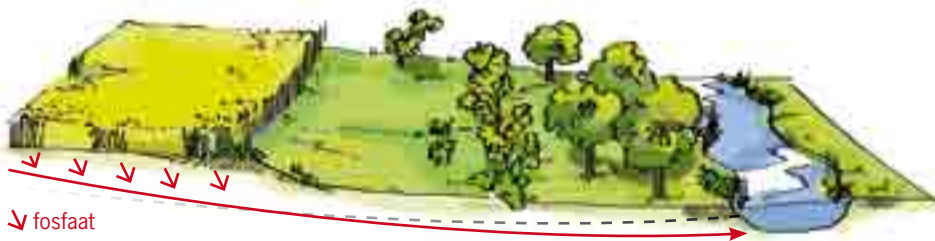
Beek, bos- en bosschagezone: verloop van voedingscyclus



- spiraalvormig verloop van voedingsstoffen
- snelle kringloop in beek
- langzamer verloop in beekdal

## buffer en retentie van fosfor

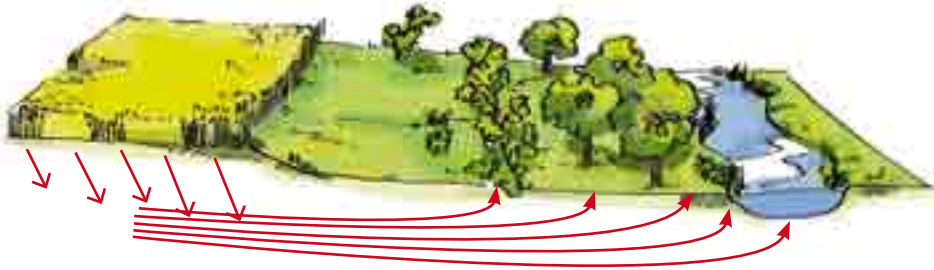
Buffer-, bosschage- en boszone: opvang afstromende voedingsstoffen



- meeste fosfaat uit afspoeling
- 20 - 95% effectieve verwijdering
- breder = meer verwijdering
- onafhankelijk vegetatietype

## buffer en retentie van stikstof

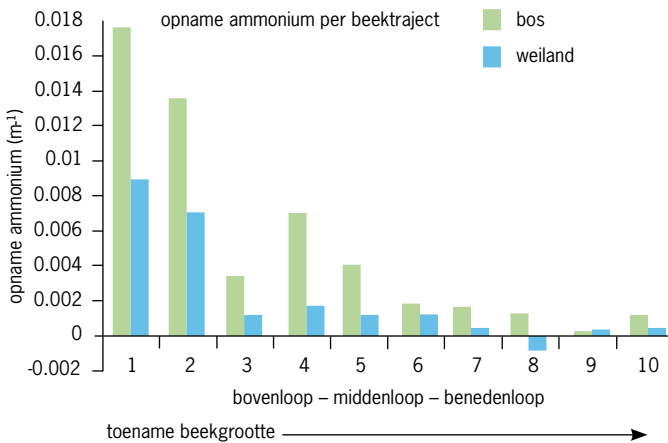
Buffer-, bosschage- en boszone: opvang afstromende voedingsstoffen



- nitraat naar beek, veel stikstof verdwijnt naar de lucht
- 20 - 95% effectieve verwijdering
- breder = meer verwijdering
- bomen belangrijke omzeters
- zones vangen toxische stoffen in en zetten ze om

## buffer en retentie van ammonium

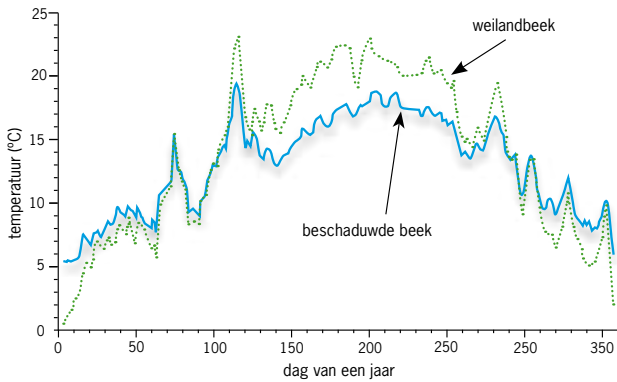
Buffer-, bosschage- en boszone: opvang afstromende voedingsstoffen



- 41% van toegevoerde stikstof in boven- en middenlopen wordt via denitrificatie verwijderd
- hoe groter de dimensies van de beek, hoe lager het verwijderingspercentage

## buffer van temperatuur

Boszone: temperatuuordemping



- schaduw
- afkoeling
- bladtoevoer
- oever-vastlegging
- directe en indirecte effecten op vrijwel alle aspecten van de beekecologie
- oplosbaarheid van zuurstof in water hoger
- snelheid van fotosynthese door algen en waterplanten lager
- groeisnelheid en aanwezigheid van planten lager



Brodnia beek (midden-Polen): beschaduwing

## 5 Hoe werkt het? II: natuurlijke elementen

Het water in de beek welt op uit grondwater. Dit zogenaamde kwelwater is voedselarmer en kan veel kalk en/of ijzer bevatten (in tegenstelling tot het zure regenwater). In plaats van de ruige plantensoorten als brandnetel, braam en fluitenkruid zijn in het beekdal kalkminnende plantensoorten als waterviolier, dotterbloem en zegges te vinden.



Voorbeelden van beken met kwelwater, inclusief bijzondere bewoners (planten en dieren met hoge natuurwaarde) zijn de Hierdensche beek, de Drentse Aa en de Rode Beek



Drentse Aa (Drenthe)



Rode Beek (Limburg)

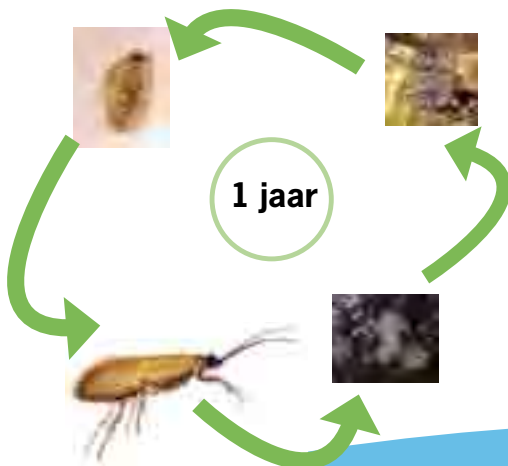
## Natuurlijke processen in het beekdal

In een natuurlijk beekdal doen zich allerlei complexe processen voor die te maken hebben met verplaatsing en beweging binnen en/of tussen de zones. Denk bijvoorbeeld aan de uitschuring en afzetting van materiaal (sediment) en de opname en afgifte van voedingsstoffen als fosfor en stikstof tussen omgeving, zones en beek. De zones hebben door hun vaak zuiverende werking een positieve invloed op het voorkomen, de diversiteit en de kwaliteit van het leven – ook op dat van de mens. In hoeverre deze processen zich ontwikkelen hangt af van de breedte van het beekdal, de mate van toestroom van voedingsstoffen en giftige stoffen en de structuur van het beekdal.

## Bomen noodzakelijk voor interacties en variatie

De boszone heeft een specifieke waarde door de grote invloed op de temperatuur in het beekdal en het beekwater. Verschillende beekdieren zijn afhankelijk van een lage temperatuur en verdwijnen als de bomen langs de beek zijn gekapt en er opwarming plaatsvindt. Naast schaduw en afkoeling zorgen de bomen voor bladtoevoer, de belangrijkste voedingsbron voor veel beekdieren. Met hun wortels leggen ze de oever van de beek stevig vast. Bovendien spelen ze een rol bij de wateropvang.

## Levenscyclus van een kokerjuffer (Agapetus fuscipes)



*Bomen en struiken langs een beek zijn bijvoorbeeld van belang voor het uitvliegen, het paren en het rusten; de boomwortels en ingevallen takken zorgen voor variatie in de stroming en het ontstaan van grindbedden die dienen voor het afzetten van eieren en voor de verpopping*



In het verleden zijn omwille van landbouwkundige efficiëntie veel bomen langs beken verdwenen. Daarmee ging ook hun functie verloren. Op verschillende plaatsen worden momenteel experimenten uitgevoerd om hout terug in de beek te brengen, zoals bijvoorbeeld in de Jufferbeek en in het Gasterense Diep.



*Noorbeek (Limburg): omgevallen bomen in de beek*

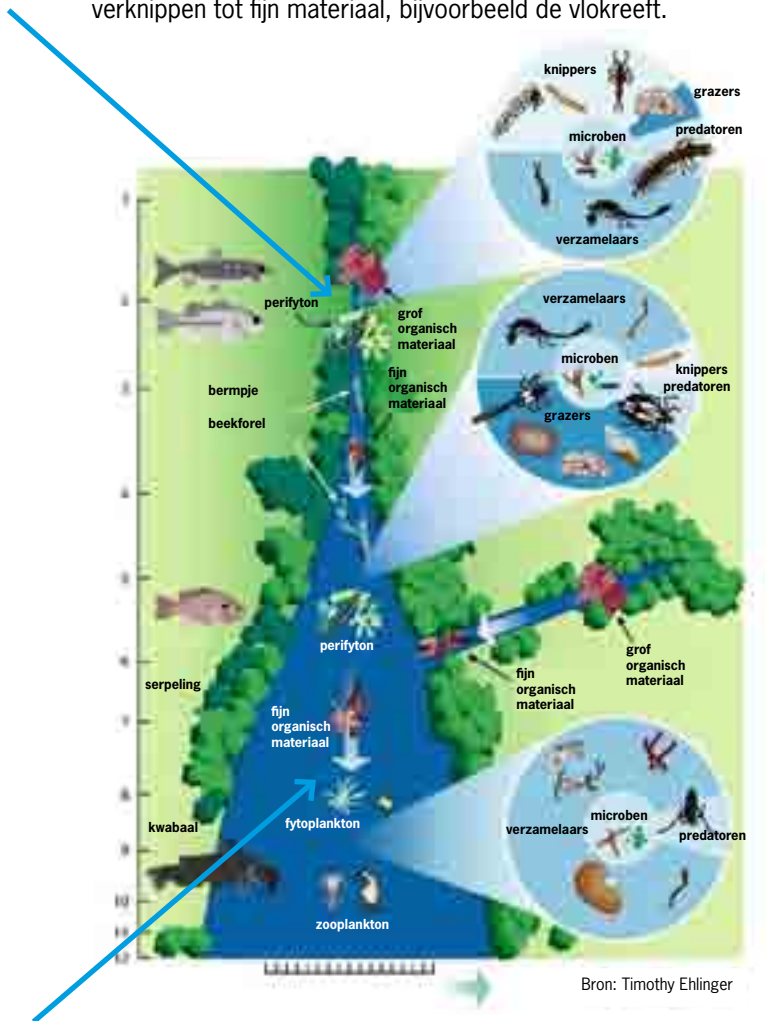


*Jufferbeek (Twente): houtinbreng*

## 6 Hoe werkt het? III: bewoners van de beek

### gradiënten

**Bovenloop:** bos en schaduw met 'knippers': dieren die ingevallen blad verknippen tot fijn materiaal, bijvoorbeeld de vlokreeft.



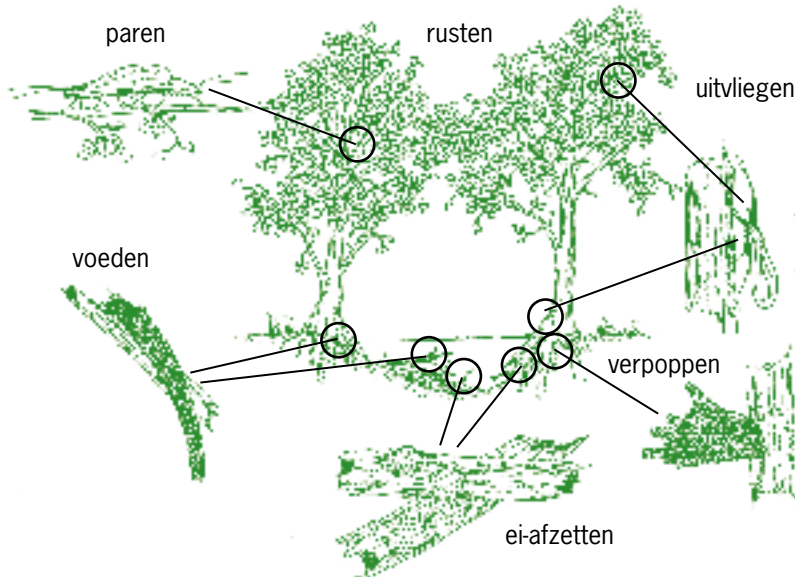
**Benedenloop:** warmte en zon met 'verzamelaars': dieren die van fijn materiaal leven, zoals muggenlarven.

De beek zelf en haar omgeving staan ook niet los van elkaar. Talloze interacties vinden plaats in de verschillende zones. Een kokerjuffer bijvoorbeeld gebruikt de bomen langs de beek voor het uitvliegen, paren en rusten. Tussen de wortels legt ze haar eieren en daar vindt ook de verpopping plaats. Het eerste deel van haar bestaan leeft de kokerjuffer onder water. Daarna verpopt zij en leeft boven water verder.

De kokerjuffer is slechts één van de vele diersoorten die in een beekdal kunnen voorkomen. Er bestaan tientallen soorten kokerjuffers en het voorkomen van deze soorten hangt af van de inrichting van het beekdal. Denk daarbij aan veel of weinig begroeiing, hoog of laag, dicht of open, enzovoort.

## interacties (1)

Beek- en boszone: levenscyclus



*Voor de diverse fasen en activiteiten in de levenscyclus van diersoorten (voorbeeld kokerjuffer) is de variatie die de zones bieden noodzakelijk*

## interacties (2)

Beek- en boszone: zwermen



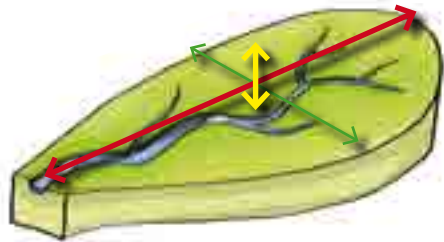
De ruimtelijke variatie is ook noodzakelijk voor het zwermen van insecten (voorbeeld kokerjuffer); verschillende soorten gebruiken verschillende zwermbewegingen boven specifieke delen van de beekdalzones

## ecosysteempromessen

Overgangen in alle zones: ruimtelijke verbindingen en interacties voor water, chemie en biologie



- ↔ Doornede in de dwarsrichting:  
van mineraalrijk hoog en droog  
naar matig rijk en nat
- van voedselrijk naar matig voedselrijk
  - van droog naar nat
  - van dynamisch naar meer constant
  - van beheerd naar vrije ontwikkeling
  - van matig divers naar zeer divers



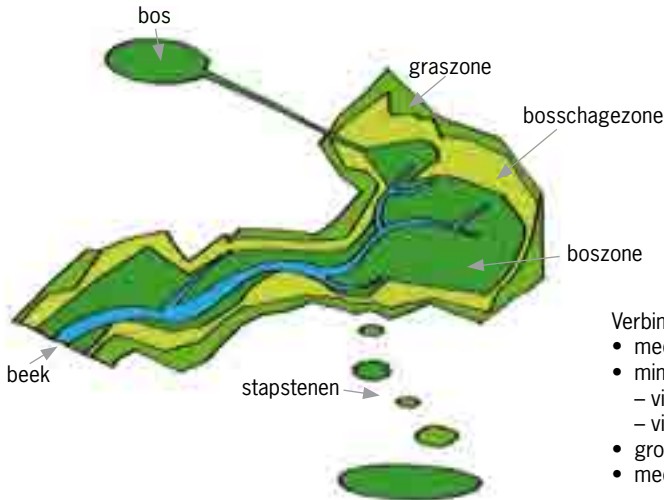
- ↕ Doornede verticaal:  
van zwermruimte hoog naar  
schuilplaatsen in bodem
- verbindt beek en oever
  - schaduw
  - toevoer organisch materiaal
  - ruimte voor levenscycli waterdieren

- ↔ Doornede in de lengte (longitudinaal):  
van mineraalarm boven naar mineraalrijk beneden
- van mineraalarm naar -rijker
  - van loopje naar rivier
  - van schaduw naar licht
  - van heterotroof naar autotroof

Dit is een schematische weergave van enkele processen in het verbrede beekdal: die in lengte-, dwars- en verticale richting. Ze geven de overgangen weer in de milieuomstandigheden van bron tot monding, vanaf de beek tot aan de rand van het beekdal en van beekbodem tot lucht. Daar zijn onder meer geleidelijke overgangen in voedselrijkdom, vochtigheid, dynamiek en diversiteit. Dit zijn natuurlijke, complexe processen die allemaal een rol spelen in het dynamische geheel van variatie en daarmee in de weerbaarheid (weerstand en veerkracht) en klimaatbestendigheid van het beekdal.

## verbindingen

Samenhang tussen alle zones



Verbindingen leiden tot meer biodiversiteit:

- meer verbindingen
- minder isolatie
  - via stappen
  - via smalle verbindingen (routes)
- groter oppervlak eenheden
- meer randen

Omdat door de beekprocessen plekken veranderen, verandert ook de soorten-samenstelling van de planten en dieren die er leven. Planten en dieren moeten zich verplaatsen om te overleven en moeten terug kunnen keren nadat ze het gebied om welke reden dan ook verlaten hebben. Planten en dieren moeten daarom beschikken over vermogen en omstandigheden om zich te verspreiden. Voor het verspreiden gebruiken ze verbindingzones of stapstenen (plekjes die geschikt zijn om tijdelijk te overleven in een eigenlijk ongeschikte omgeving).

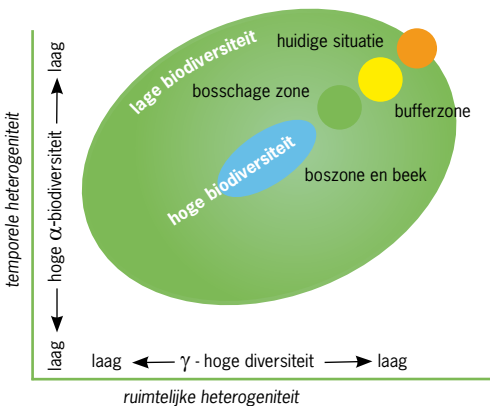
Planten met zware zaden kunnen zich bijvoorbeeld moeilijk verspreiden. Bezitten deze zaden haakjes dan kunnen zich hechten aan bijvoorbeeld konijnenvacht. Kan het konijn gebruik maken van een verbinding, dan kan deze het zaad naar andere plekken overbrengen, kan de soort zich verspreiden en de plant toch overleven. Een ander voorbeeld is een vliegend insect, dat afhankelijk is van de beschutting en luchtvochtigheid van een dichte vegetatie. Deze heeft houtwallen nodig om te overleven en zich te kunnen verplaatsen naar nieuwe woonplekken.

## Meer biodiversiteit door variatie in tijd en ruimte

In hoeverre de biodiversiteit toeneemt in een beekdal is door Connell (1978) en Townsend (1989) in een model uitgewerkt. Het model geeft het belang aan van variatie in tijd en ruimte. Bij een genormaliseerde beek is de ruimtelijke variatie heel laag en is de temporele variatie heel hoog. Dit heeft een lage soortenrijkdom tot gevolg. Bij een beek in een beekdalbrede benadering is de ruimtelijke variatie veel hoger (gradiënten) en de temporele veel lager (minder piekafvoeren) met een hoge soortenrijkdom (= biodiversiteit) tot gevolg.

## biodiversiteit in beekdalbrede benadering

Soortenrijkdom (biodiversiteit) in de buffer-, bos-, bosschegzone en beek



## variatie in diersoorten in Nederland: enkele getallen

**Beek** aanwezige Nederlandse soorten: 95% vissen, 100% steenvliegen en 69% amfibieën

**Bedreigd** in voortbestaan 96% steenvliegen, 64% eendagsvliegen, 55% kokerjuffers, 43% libellen

**Doelen** 17% visdoelsoorten

**Beekdal** aanwezige Nederlandse soorten: 75% Nederlandse plantensoorten

**Afhankelijk** van landschappelijke verbindingen: 14% zoogdieren en 20% amfibieën

## indicatoren planten

Van beek naar beekflank

### Korte vegetaties:

- haaksterrenkroos
- grote watterranonkel
- grote zegge
- dotterbloem hooiland
- veldrus hooiland
- blauwgrasland
- vochtig heischraalland
- droge heide

### Opgaande houtige vegetaties:

- elzenbroekbos
- elzen-essenbos
- vochtig eiken-berkenbos
- droog eiken-berkenbos

## indicatoren dieren

Dieren ambassadeurs van beek-, bos-, bosschage- en bufferzone

<b>zoogdieren</b>	das, vleermuizen, waterspitsmuis
<b>vogels</b>	ijsvogel, gele kwikstaart, nachtegaal, wielewaal, kleine bonte specht
<b>amfibieën</b>	kamsalamander, alpenwatersalamander, boomkikker
<b>beekvissen</b>	bermpje, beekprik, rivierdonderpad, riviergrondel, grote modderkruiper
<b>macrofauna</b>	beekjuffer, eendagsvlieg, kokerjuffer, beekloper, beekkever, bronplatworm, vlokreeft
<b>overige</b>	pimpernelblauwtje, ijsvogelvinder

Van de bedreigde diersoorten leeft een groot aantal in beken en beekdalen. De dieren zijn bedreigd omdat veel van het beekdallandschap versnipperd en verdwenen is, waardoor de aaneenschakeling van woonplekken verloren is gegaan. Deze bedreigde diersoorten hebben een dergelijke gevarieerde aaneenschakeling aan woonplekken nodig en deze is nauwelijks buiten de beekdalen te vinden. Dergelijke zeldzame soorten kunnen buiten het beekdal dan ook niet of nauwelijks overleven. Daarmee verliezen we aan biodiversiteit en dus aan veerkracht en klimaatbestendigheid.



Aan de planten en de dieren in het beekdal is te meten wat de status is van het beekdalherstel. Bepaalde soorten vormen een indicator voor de aanwezigheid en kwaliteit van de leefomgeving, zoals die geboden wordt in het beekdalbrede 5B-concept. Ze zijn daarmee een graadmeter van een succesvol herstel van het natuurlijke beekdal.



*Groene kikker*



*Steenvlieg*



*Vuursalamander*



*Moerasvegetatie (Rode beek)*



Grote waterranonkel



Paardestaart



Penningkruid



Slangewortel



Volwassen waterjuffer



Volwassen eendagsvlieg



*Bloeiend goudveil*



*Uitvliegende libel*



*Bloeiend pijlkruid*



*Sleutelbloem*



*Eendagsvlieg*



*Beekforel*

## 8 Hoe doe je het? I: omgeving van het beekdal

### inpassing in het landschap

Bij het nadenken over een natuurlijk beekdal doet op enig moment de praktische vraag zich voor: hoeveel ruimte is daar eigenlijk voor nodig? Het beantwoorden van die vraag is nog niet zo eenvoudig. Vooral omdat het niet om een standaardmaat gaat. De benodigde ruimte hangt bijvoorbeeld af van het medegebruik, het landschap en de bodem ter plaatse. Het beekdal als geheel kan in stedelijk, agrarisch, natuur of multifunctioneel gebied liggen en de bouwstenen van het 5B-concept zijn modules die aangepast kunnen worden aan het gebruik van het gehele beekdal. Omdat de onderdelen van het beekdallandschap flexibel toegepast kunnen worden, kunnen steeds oplossingen in relatie met andere gebruiksfuncties van het beekdal worden gevonden.

*Het beekdal is niet gebonden aan een bepaalde omgeving. Het kan zich bevinden in stedelijke, agrarische, natuur- en multifunctionele gebieden. Elke omgeving heeft voorkeur voor verschillende (combinaties van) zones (foto's Tungalroyse beekdal (Limburg))*



Bos, gras, bebouwing



Bos, gras, akker



Bos



Bos, gras



Bos



Akkers, gras



Akkers



Akkers, gras



Akkers



Historisch dorp



Golfbaan



Jachthaven



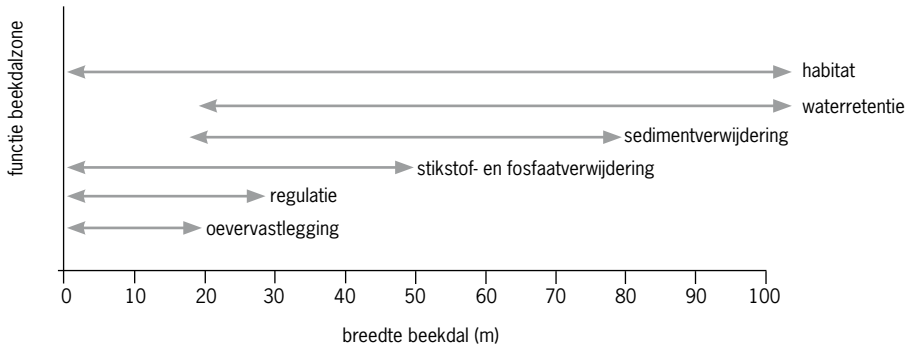
Snelweg



Nieuwbouw

## breedte vraag beekdal

Functies versus breedte van de zones



De processen die optreden in een beekdal spelen zich af in bepaalde zones en vragen ieder een bepaalde minimum breedte die overigens ook afhankelijk is van plaatselijke omstandigheden. Enkele algemene voorbeelden zijn ter illustratie in de figuur uitgewerkt. Sommige soorten gebruiken bijvoorbeeld het gehele beekdal als leefgebied. Andere voelen zich het beste thuis in een bepaalde zone, maar zijn voor hun levensontwikkeling wel afhankelijk van planten en dieren in de andere zones.

## breedte beekdal en biodiversiteit

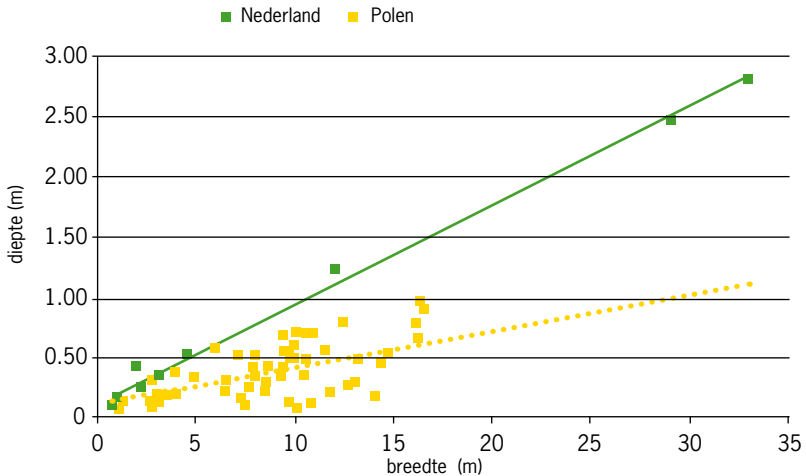
Voorbeelden diersoorten

<i>diersoort</i>	<i>kernegebied</i>	<i>dalbreedte</i>	<i>stapsteen</i>
<b>grote modderkruiper</b>	> 5 ha		3 km (0,5 ha)
<b>beekprik</b>	21 ha		
<b>kamsalamander</b>		> 70 m	500 m (poel)
<b>vinpootsalamander</b>		> 20 m	300 m (poel)
<b>waterspitsmuis</b>	45 ha	2 x 15 m ruigte	
<b>das</b>	> 30 ha		
<b>otter</b>	150 – 300 ha		
<b>bever</b>	150 – 300 ha		

Van veel soorten is dankzij onderzoek bekend wat hun minimaal benodigde leefruimte is. De illustratie vermeldt enkele belangrijke beekdalsoorten. Een kamsalamander heeft bijvoorbeeld een leefgebied van minimaal 70 m breedte nodig met daarbij iedere circa 500 m een poel. Maar deze cijfers hangen ook af van de kwaliteit van het leefgebied.

## beekdiepte nu en in de toekomst

De breedte/diepteverhouding is in natuurlijke Poolse beken groter dan in ingesneden Nederlandse beken



Ook de diepte is een waarde die niet standaard te bepalen is. Wel kunnen we bestaande beken onderling met elkaar vergelijken. In de grafiek is de relatie tussen de beekdiepte en de beekbreedte weergegeven van enkele vergraven Nederlandse en, ter vergelijking, enkele natuurlijke Poolse beken. Nederlandse beken zijn dieper ingesneden, met name de grotere beken.

De Poolse beken representeren vergelijkbare maar natuurlijke laaglandbeken. Uit de cijfers blijkt dat natuurlijke beken smaller en veel ondieper zijn.



## 9 Hoe doe je het? II: bouwstenen in een flexibel groeimodel

Het 5B-concept is gestoeld op een flexibel omgaan met de 5 zones: beek, bos-, bosschage- en bufferzone en beekflank. Tot de beekflank behoren de suggesties zoals besproken in het vorige hoofdstuk. Afhankelijk van de aanwezige functies en doelstellingen kunnen de overige zones aan- of afwezig en breder of smaller zijn. De beek, de bos, bosschage- en bufferzone kunnen elk dienst doen als bouwsteen. Iedere situatie vraagt om het naar omstandigheden gebruiken (van combinaties) van bouwstenen.



### A De eerste bouwsteen is de **beek**.

De herinrichting van de beek vraagt veelal verondiepen en versmallen. Hiertoe dienen de afvoerpieken tot aanvaardbare hoogte te zijn afgetopt middels

retentie, bergings- en vasthoudmaatregelen. Een dergelijke beek moet zo nu en dan kunnen inunderen. Hiervoor kunnen alle drie de andere zones (apart) dienen.



**B** Wanneer onvoldoende mogelijkheden aanwezig zijn voor drie zones wordt bij voorkeur begonnen met de aanleg van de **bufferzone**. De bufferzone, variërend van 15 tot 75 meter breedte of meer aan beide zijden van de beek, kan de incidentele inundaties opvangen en zal haar eigen functies gaan uitvoeren

(invangen voedingsstoffen, sediment, enz.). De benodigde ruimte hangt samen met de morfologie van het beekdal, eventueel andere aanwezige gebruiksfuncties en de mogelijkheden ter plaatse. Zo kan, indien nodig of gewenst, nog onderhoud aan de beek worden gepleegd.



**C** Soms biedt het beekdal meer mogelijkheden, afhankelijk van de aanwezige of gewenste gebruiksfuncties en kan de bufferzone vervangen worden door een **boschagezone**. Dat kan bijvoorbeeld wenselijk zijn indien sprake

is van medegebruik, zoals bij recreatie- en landschapsfuncties. Ook hier kan nog sprake blijven van beperkt onderhoud. Een boschagezone kan soms het uiterlijk hebben van een brede houtwal.



**D** Indien de beek niet meer voor onderhoud bereikbaar hoeft te zijn of als het dal behoort tot de ecologische hoofdstructuur, kan ze begeleid worden

door een **boszone**. Bij geringe mogelijkheden voor onderhoud en ruimtebeslag kan deze zone zich beperken tot een brede houtwal.



**E** Voor een optimale natuur- en bergingsfunctie van de beek wordt waar mogelijk een **brede beekbegeleidende boschagezone, omzoomd door een bufferzone** ingericht. Deze beek wordt

niet onderhouden, de zones soms wel. Soms is dit niet nodig en kan de boschagezone worden vervangen door een boszone. De beekwaliteit zal sterk toenemen en er is ruimte voor medegebruik.



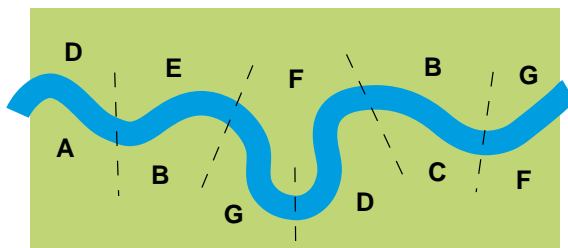
**F** Voor een optimale ontwikkeling van de natuurlijke kenmerken van de beek wordt, waar ruimtelijk mogelijk, een **brede beekbegeleidende boszone ingericht, omzoomd door een bufferzone**. De boszone wordt niet onderhouden en zal de

morfologie van de beek geleidelijk gaan vastleggen. Een voldoende brede bos- en bufferzone kan een volwaardige invulling van de ecologische hoofdstructuur vormen en het behalen van de Kaderrichtlijn Water doelen garanderen.



**G** Het 5B-concept wordt volledig en optimaal uitgevoerd indien een **beekdalbrede boszone wordt omzoomd door een bosschage- en bufferzone**.

Doelen gericht op natuur- en medegebruik kunnen in deze beekdalbrede inrichting volwaardig tot hun recht komen.



**H** De invulling van een beekdal is een **flexibel groeimodel** met, afhankelijk van de lokale mogelijkheden, een volledige tot minimale invulling. In een beekdal zullen trajecten plaatselijk volledig (optie G) kunnen worden ingericht, langs andere trajecten zullen de mogelijkheden beperkter zijn

en de toestanden beschreven onder A tot en met F omvatten. Waar deze volledige ontwikkeling mogelijk is, gaan de plekken als hotspots voor biodiversiteit fungeren en bieden de andere delen voldoende overloop en verbinding. De minder vergaand ingerichte gebiedsdelen zullen van deze hotspots profiteren.

# 10 Hoe doe je het? III: stappen in het proces

## stappen in het herinrichtingsproces



### probleemanalyse

**1. Herkennen probleem:** Breng de gewenste situatie in een ecologische en ruimtelijke context in beeld. Zijn er relaties tussen beekdalsysteem en omgeving die extra aandacht behoeven voor het inrichten van een functionerende beekdalbrede zone? Begrens het gebied en benoem de hydrologische, morfologische en ecologische grenzen.



**2. Verzamelen informatie:** Beschrijf de uitgangssituatie (de actuele en historische toestand) van stroomgebied, beekdal en beek. Benoem daarbij de ecosysteemtalen en milieuomstandigheden. Voer een hydrologische systeemanalyse op landschap- en beekdalschaal uit. Beschrijf ecologische uitgangspunten; de referentie. Bepaal de menselijke activiteiten die de zone beïnvloeden.



**3. Beschrijven doelstellingen:** Stel de gewenste zones volgens het 5B-concept, inclusief doelstellingen, vast. Hier past creativiteit en veelzijdigheid. Houdt rekening met andere functies. Bepaal aan de hand van de maatschappelijke randvoorwaarden de ontwikkelingsmogelijkheden voor de zones en hun breedte. Zorg voor haalbare streefbeelden.



**4. Analyseren knelpunten:** Herken en omschrijf relevante knelpunten die een rol (kunnen) spelen bij de herinrichting. Geef de ontwikkelingsmogelijkheden, de kansen en de bedreigingen (bedreigingen kunnen ook kansen bieden). Draag mogelijke oplossingsrichtingen en alternatieven aan.



**5. Vergroten draagvlak:** Maak een plan voor voorlichting. Hoe breder het maatschappelijke draagvlak, hoe groter de kans van slagen. Geef voorlichting tijdens alle fasen van het project.

### ontwerp



**6. Samenstellen lijst participanten:** Het is van wezenlijk belang dat belanghebbenden zo vroeg mogelijk en zo duidelijk mogelijk kunnen deelnemen aan het gehele proces van planvorming tot en met nazorg. Organiseer hiervoor bijeenkomsten.



**7. Formuleren mogelijke maatregelen en alternatieven:** Beschrijf effectieve inrichtings- en beheersmaatregelen om de benoemde knelpunten op te lossen. Stem maatregelen onderling af in ruimte en tijd. Beschrijf alternatieven.



**8. Wegen op haalbaarheid:** Bepaal de haalbaarheid (praktisch, beleidsmatig, maatschappelijk) door mogelijke (combinaties van) maatregelen/alternatieven te wegen tegen de andere functies. Let vooral op beschikbare ruimte en de hydrologische mogelijkheden. Sluit aan bij bestaande beleidsuitgangspunten, verken nieuwe mogelijkheden en geef de wenselijkheid hiervan aan.



**9. Opstellen programma van eisen en plan van aanpak:** Stel een programma van eisen en een plan van aanpak op met een prioritering en fasering. Wat, waar, wanneer. Faseer het project. Van sommige maatregelen is uitvoering pas zinvol als andere zijn uitgevoerd.



## uitvoering

**10. Voorbereiden uitvoering:** Vertaal plan van aanpak in bestek. Houdt rekening met betrokken partijen wat betreft de uitvoering, de vergunningen en let op de kostenverdeling. Voer het voorlichtingsplan uit om onjuiste beeldvorming te voorkomen.



**11. Technisch realiseren:** Voer de maatregelen voor inrichting volgens bestek uit. Begeleid de uitvoering intensief. Er is nog weinig ervaring met de uitvoering van 5B-concepten. Aannemers zullen moeten wennen aan de ogenschijnlijke chaos van deze nieuwe orde in het beekdal. Maak afspraken met de beheerders en gebruikers.



**12. Monitoren:** Stel een monitoringsprogramma op voor de meest relevante sturende factoren en ecologische doelen. Onderzoek de effectiviteit van maatregelen. Besef dat inzicht de maatschappelijke en bestuurlijke acceptatie vergroot.

## evaluatie



**13. Toetsen/aanscherpen/bijstellen doelstellingen en terugkoppelen:** Stel een onafhankelijke evaluatiecommissie samen die de uitvoering van het 5B-concept volgt en toetst. Stel zonodig (tussentijdse) streefbeeld(en) bij (aanvullende maatregelen, aanpassing beheer) of scherp ze aan. Een vroegtijdige bijstelling voorkomt teleurstellingen.



## natraject

**14. Optimaliseren van het beheer en onderhoud:** Doe duidelijke uitspraken over toekomstig gebruik, beheer en onderhoud. Kijk ook met welke beheers- en onderhoudsmaatregelen de 5B-realitie kan worden geoptimaliseerd. Niets doen kan ook een optie zijn.

## 11 Voordelen van het brede beekdal

- Verhoogde klimaatbestendigheid

- Betere veerkracht

- Verbeterde waterberging

- Verhoogde klimaat

- Zuiverende werking

- Toename biodiversiteit

- Slibopvang

biodiversiteit

- Bijzondere planten- en diersoorten

- Corridor voor planten en dieren

- Recreatieve en esthetische waarde

- Ruimte voor (her-)meandering

- Ruimte voor overstroming

voor overstroming

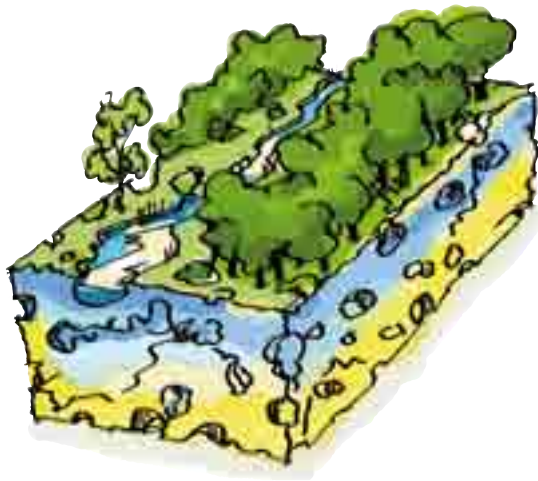
- Vermindering

- Vermindering van erosie en insnijding

- Ruimte voor de mens

Het is onvermijdelijk dat het brede beekdal méér ruimte inneemt dan het huidige, landbouwefficiënte slootbekenstelsel. In veel gevallen zal deze herinrichting ten koste gaan van de aangrenzende landbouwpercelen. Daar staat een groot aantal voordelen tegenover. Enkele daarvan staan elders genoemd, zoals een grotere klimaatbestendigheid en waterbergingcapaciteit en vermindering van erosie. De toename van de biodiversiteit vertegenwoordigt een heel scala aan bijkomende voordelen, waaronder een grotere natuurlijke veerkracht van het hele gebied, een grotere variatie aan planten en dieren en het voorkomen van dierplagen.

Een natuurlijk beekdal is dus niet alleen voor planten en dieren een positieve leefomgeving. Ook mensen profiteren met een betere gezondheid. Zo is het beekdalbreed ingerichte gebied een herberg voor fijn stof, dat de mens dus bespaard blijft. Steeds meer aandacht van burgers en politiek gaat uit naar een aantrekkelijk landschap, met een steeds grotere functie voor en prioriteit van recreatie. Voor het combineren van de verschillende functies van het landschap (stedelijk, agrarisch, recreatief, natuurlijk) en de maatschappelijke inpassing van de diverse belangen biedt het brede beekdalconcept grote kansen.





# Referenties

## Hoofdstuk 1 en 2 (Beekdal en 5B-concept)

- Boerkamp, A. & M. van Eersel. Een beek op niveau. Problematiek rond de bodemophoging van de Springendalse beek. IBN-DLO Aquatische Ecologie, Leersum. 47 pp. + bijlagen, 1997.
- Chorley, R.J. The drainage basin as the fundamental morphic unit. In: Chorley, R. J. (ed.), *Water, Earth and Man*. Methuen, London, 77-99, 1969.
- Hansen, H.O. & B.L. Madsen. River Restoration '96, Session lectures proceedings. International Conference arranged by the European Centre for River Restoration: 36-44. National Environmental Research Institute, Denmark, 1996.
- Heraty, M. Riparian buffer programs: a guide to developing and implementing a riparian buffer program as an urban best management practice. Metropolitan Washington Council of Governments, USEPA Office of Wetlands, Oceans and Watersheds. Washington, DC, 1993.
- Nijboer, R., P. Verdonshot, A. Piechocki, G. Tończyk & M. Klukowska. Characterisation of pristine Polish river systems and their use as reference conditions for Dutch river systems. *Alterra-rapport 1367*, 221 pp., 2006.
- Schueler, T. Site planning for urban stream protection. Metropolitan Washington Council of Governments, USEPA Office of Wetlands, Oceans and Watersheds. Washington, DC, 1995.
- Schumm, S.A. *The fluvial system*. John Wiley & Sons, New York, 1977.
- Tjaden, R.L. & G.M. Weber. *Riparian Forest Buffer Design, Establishment, and Maintenance*. Factslide FS725 Maryland Cooperative Extension, University of Maryland, 1998.
- U.S. Dept. of Agriculture and U.S. Environmental Protection Agency. Chesapeake Bay Riparian Forest Buffer. *Handbook: A Guide for Establishing and Maintaining Riparian Forest Buffers*, 1997.
- U.S. Dept. of Agriculture and Forest Service. *Riparian Forest Buffers: Function and Design for Protection and Enhancement of Water Resources*. Pub. No. NA-PR-07-91, 1996.
- Verdonshot, P.F.M. *Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 2: Beken*. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Rapport AS-02, EC-LNV. Alterra, Wageningen. 128 pp., 2000.
- Verdonshot, P.F.M., E.T.H.M. Peeters, J.A. Schot, G. Arts, J. van der Straten & M. van de Hoorn. *Waternatuur in de regionale blauwe ruimte. Gemeenschapstypen in regionale oppervlaktewateren*. Natuurverkenningen '97, Achtergronddocument 2A, Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer, Wageningen. 276 pp., 1997.
- Verdonshot, P. et al. (red.). *Beken stromen. Leidraad voor ecologisch beekherstel*. Werkgroep Ecologisch Waterbeheer, subgroep Beekherstel, WEW-06. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA 95-03, Utrecht. 1-236, 1995.
- Vodak, M.C. & A.C. Pasquini. *Implementation of Riparian Forest Buffer Systems for the Rancocas Watershed*. Forestry Symposium Proceedings, 2001.
- Welsch, D. *Riparian forest buffers*. FS Pub. No. NA-PR-07-91. US Department of Agriculture, Forest Service. Forest Resources Management, Radnor, PA., 1991.

### **Hoofdstuk 3 (Veerkracht)**

- Konrad, C.P. & D.B. Booth. Hydrologic trends associated with urban development for selected streams in western Washington: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 02-4040, 40 pp., 2002.
- Kramer, K., B. Brinkman, L. Kuiters & P.F.M. Verdonschot. Is ecological succession predictable? Theory and applications. Alterra-report (Ext. rep. 1277). Wageningen: Alterra (Wageningen UR), 2005.
- Ritter, D.F. Process Geomorphology 2e. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa. 579 pp., 1986.
- Schueler, T. Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs. Metropolitan Washington Council of Governments, Washington, DC., 1987.

### **Hoofdstuk 4 (Waterberging en opvang van stoffen)**

- Haycock, N.E., T.P. Burt, K.W.T. Goulding & G. Pinay, editors. Buffer zones: their processes and potential in water protection. Quest Environmental, Harpenden, Hertfordshire, U.K., 1997.
- Verhoeven, J.T.A. Natte natuur in een schoon landschap, de ecologische functies van wetlands. Oratie uitgesproken door dr. J.T.A. Verhoeven in de Aula van de Universiteit Utrecht op 10 juni 2002.

#### **kwel:**

- Grootjans, A.P. Distribution of plant communities along rivulets in relation to hydrology and management. In: O. Wilemanns & R. Tuxen (eds.), Ephemorie (Rinteln, 9.4-11.4 1979). Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Cramer, Vaduz: 143-169, 1980.
- Higler, L.W.G. The riparian community of north-west European lowland streams. *Freshwater Biology* 29: 229-241, 1993.

#### **sediment buffer:**

- Castelle, A.J., A.W. Johnson & C. Conolly. Wetland and stream buffer size requirements – a review. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 23., 1994
- Cavalcanti, G. G. & B.G. Lockaby. Effects of Sediment Deposition on Fine Root Dynamics in Riparian Forests *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69(3): 729-737, 2005.
- Cooper, J.R., J.W. Gilliam & R.B. Daniels. Riparian Areas as Filters for Agricultural Sediment. *WP Robarge Soil Science Society of America Journal SSSJD* 51: 416-420, 1987.
- Malanson G.P. Riparian landscapes. Cambridge University Press. 296 pp., 1993.

#### stromen van voedingsstoffen:

Newbold, J. D. Cycles and spirals of nutrients. In: Petts, G. & P. Calow, (eds.): River flows and channel forms. Blackwell Science: 130-159, 1996.

Wallace, J. B., J. R. Webster & W. R. Woodall. The role of filter feeders in flowing waters. Arch. Hydrobiol. 79: 506-532, 1977.

#### buffer en retentie van fosfor:

Casey, R.E. & S.J. Klaine. Nutrient attenuation by riparian wetland during natural and artificial runoff events. J. Environ. Qual. 30: 1720-1731, 2001.

Hefting, M.M. & J.J.M. de Klein. Nitrogen removal in buffer strips along a lowland stream in the Netherlands: a pilot study. Environmental Pollution 102 (1): 521-526, 1998.

Osborne, L.L. & D.A. Kovacic. Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. Freshwater Biology 29: 243-258, 1993.

#### buffer en retentie van stikstof:

Barling, R.D. & I.D. Moore. Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. Environmental Management 18: 543-558, 1994.

Desbonnet, A., P. Pogue, V. Lee & N. Wolff. Vegetated Buffers in the Coastal Zone – A Summary Review and Bibliography. Coastal Resources Center Technical Report No. 2064. University of Rhode Island Graduate School of Oceanography. Narragansett, RI 02882. 72 pp., 1994.

Fennessy, M.S. & J.K. Cronk. The effectiveness and restoration potential of riparian ecotones for the management of nonpoint source pollution, particularly nitrate. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 27: 285-317, 1997.

Gharabaghi, B., R.P. Rudra, H.R. Whiteley & W.T. Dickenson. Development of a management tool for vegetative filter strips. Best modelling practices for urban water systems (ed. W. James), volume 10 in the monograph series: 289-302, 2002.

Grijpstra, J., A.F.M. Meuleman & W. Beekman 2000. Stikstofverwijdering in bufferzones. Een overzicht van ervaringen. KIWA KOA 00.104. 46 pp., 2000.

Hubbard, R.K. & R. Lowrance. Assessment of forest management effects on nitrate removal by riparian buffer systems. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 20: 383-391, 1997.

STOWA. Ecologisch onderzoek naar de effecten van bufferstroken langs watergangen. Een onderzoek naar werking, rendement en kansrijkdom. Paper no. 98-26. STOWA, Utrecht, 1998.

#### buffer en retentie van ammonium:

Dodds, W.K., A.J. López, W.B. Bowden, S. Gregory, N.B. Grimm, S.K. Hamilton, A.E. Hershey, E. Martí, W.H. McDowell, J.L. Meyer, D. Morrall, P.J. Mulholland, B.J. Peterson, J.L. Tank, H.M. Valett, J.R. Webster & W. Wollheim. N-uptake as a function of concentration in streams. Journal of the North American Benthological Society 21(2): 206–220, 2002.

Wollheim, W.M., B.J. Peterson, L.A. Deegan, J.E. Hobbie, B. Hooker, W.B. Bowden, K.J. Edwardson, D.B. Arscott, A.E. Hershey & J. Finlay. Influence of stream size on ammonium and suspended particulate nitrogen processing. Limnology and Oceanography 46: 1-13, 2001.

#### temperatuur:

Ward, J.V. Thermal characteristics of running waters. *Hydrobiologia*, 25: 31-46, 1985.

Ward, J.V. & J.A. Stanford. Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams. See Ref., 37: 35-55, 1979.

### **Hoofdstuk 5 (Natuurlijke elementen)**

Gippel C.J., I.C. O'Neill, B.L. Finlayson & I. Schnatz. Hydraulic guidelines for the introduction and management of large woody debris in lowland rivers. *Regulated Rivers: research and management* 12: 223-236, 1996.

Harper, D.M., M. Ebrahimnezhad, E. Taylor, S. Dickinson, O. Decamp, G. Verniers & T. Balbi. A catchment-scale approach to the physical restoration of lowland UK rivers. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 141-157, 1999.

Peterson, B. J., W. Wollheim, P.J. Mulholland, J.R. Webster, J.L. Meyer, J.L. Tank, N.B. Grimm, W.B. Bowden, H.M. Valett, A.E. Hershey, W.B. McDowell, W.K. Dodds, S.K. Hamilton, S.Gregory & D.J. D'Angelo. Stream processes alter the amount and form of nitrogen exported from small watersheds. *Science* 292: 86-90, 2001.

Sweeney, B. W., T.L. Bott, J.K. Jackson, L.A. Kaplan, J.D. Newbold, L.J. Standley, W.C. Hession & R.J. Horwitz. 2004. Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 14132-14137, 2004.

### **Hoofdstuk 6 (Bewoners van de beek)**

#### gradiënten:

Higler, L.W.G. & F.F. Repko. Analyse van de macrofauna van de Hierdense Beek. RIN-rapport 88/53, RIN Leersum. 71 pp., 1988.

Vannote, R.L, G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell & C.E. Cushing. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137, 1980.

#### ecosysteemprocessen:

Hoffman, A. Autökologische Untersuchungen zur zeitlichen und räumlichen Einnischung von *Lasiocephala basalis* (Kol.) (Trichoptera, Lepidostomatidae), einer Fließwasserköcherfliege. PhD Dissertation, Philipps University, Marburg, 1997.

Naiman, R.J. & H. Decamps. The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. *Man and the biosphere series. UNESCO.* 4, 316 pp., 1990.

- Pringle, C.M. Managing riverine connectivity in complex landscapes to protect 'remnant natural areas'. *Verhandl. Int. Verein. Limnol*, 1998.
- Sand-Jensen, K., N. Friberg & J. Murphy. Running waters. Historical development and restoration of lowland Danish streams. National Environmental Research Institute, Denmark, 2006.
- Verdonschot, P.F.M. Migratie van beekmacrofauna en beekvissen; migreerbaarheid van een gesloten of open afleiding van de Schuitenbeek. IBN-rapport nr. 237, 1-85, 1996.
- Ward, J.V. The four dimensional nature of lotic ecosystems. *J. North Amer. Benth. Soc.* 8 (1): 2-8, 1989.
- [biodiversiteit:](#)
- Connell, J.H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1309, 1978.
- Townsend, C.R. The patch dynamics concept of stream community ecology. *Jn. Am. Benthol. Soc.* 8(1): 51-63, 1989.

### **Hoofdstuk 7 (Indicatoren natuurlijk beekdal)**

- Higler, L.W.G. The riparian community of north-west European lowland streams. *Freshwater Biology* 29: 229-241, 1993.

### **Hoofdstuk 8 (Omgeving van het beekdal)**

- Castelle, A.J., A.W. Johnson & A.W. Conolly. Wetland and stream buffer size requirements – a review. *Journal of Environmental Quality* 23: 878-882, 1994.
- Kmet 'ova, Z., K. Poltarska & G.C. van Houwelingen. Identification of animal species (fish, mammals, birds and butterflies) distribution and their movements within the scale of the Pan European Ecological Network in Central and eastern Europe. Vol. I (300) and Vol. II (99 pp.). Wageningen UR / Alterra, 2002.
- Nijboer, R., P. Verdonschot, A. Piechocki, G. Tończyk & M. Klukowska. Characterisation of pristine Polish river systems and their use as reference conditions for Dutch river systems. *Alterra-rapport 1367*. 221 pp., 2006.
- Todd, A. H. Making Decisions about Riparian Buffer Width. In: *AWRA Proceedings. International Conference on Riparian Ecology and Management in Multi-Land Use Watersheds*. American Water Resources Association, Middleburg, VA. TPS-00-2: 445-450, 2000.
- Wenger, S. A. Review of the Scientific Literature on Riparian Buffer Width, Extent and Vegetation. Institute of Ecology, University of Georgia. Athens, GA., 1999.

# Begrippenlijst

**afspoeling:** afvoer van regen- of smeltwater wanneer de aanvoer van water groter is dan de opnamecapaciteit van de bodem

**beek:** klein of smal stromend water dat overal doorwaadbaar is

**beekbegeleidend ecosysteem:** het geheel aan planten, dieren en hun omgeving (bodem, water, lucht, temperatuur) en hun interacties in de directe omgeving langs een beek

**beekdal:** een laag gelegen gebied waar regenwater verzameld wordt en/of kwelwater boven komt

**beekdalbreed:** over de gehele breedte van het beekdal

**beekflank:** de hoger gelegen hellende delen in het stroomgebied van een beek

**begrazing:** het gebruik om gronden, weilanden, natuurgebieden door zoogdieren te laten begrazen

**biodiversiteit:** de verscheidenheid in genen, soorten en ecosystemen in een ruimtelijke eenheid

**boschagezone:** de overgang van bos- naar bufferzone die is ingericht als beheerde (niet-begraasde) boschage en gebruikt kan worden voor recreatieve doelen, zoals wandel- of fietsroute

**boszone:** de (in dit geval) direct langs de beek groeiende inheemse boomsoorten die een ongestoorde ontwikkeling doormaken en worden beheerd of gebruikt

**buffer:** gebied dat zodanig wordt beheerd, dat het bijdraagt aan de vermindering van de invloed van het aangrenzend landgebruik op de beek, bos- en boschage-zone

**bufferzone:** strook aan de buitenrand van de beekbegeleidende zone die met korte vegetatie begroeid is en beheerd wordt (bijvoorbeeld door maaien) om de opname van voedingsstoffen door de vegetatie te bevorderen en om van de hoger gelegen gronden afspoelend sediment op te vangen

**denitrificatie:** de omzetting van nitraat door bacteriën in stikstofgas

**ecologie:** de leer van de betrekkingen tussen dieren en planten en hun omgeving of tussen dieren en planten onderling

**ecosysteem:** het geheel van alle organismen in een bepaald gebied, hun onderlinge wisselwerking en hun leefomgeving

**fosfaat:** de vorm waarin fosfor het meest in verbindingen voorkomt. Fosfor is een belangrijke voedingsstof voor planten

**gradiënt:** de geleidelijke overgang tussen 2 gebieden (bijv. bos en grasland). In deze overgang is er vaak een grote diversiteit aan dieren en planten. In de hydrologie en het waterbeheer wordt gradient gebruikt om de helling van de grondwaterspiegel of het oppervlaktewaterpeil aan te geven

**grondwater:** al het water dat zich in de ondergrond, bodem en gesteenten bevindt

**inspoeling:** bodem waarin materiaal wordt aangevoerd

**inundatie:** overstroming of onderwaterzetting van een stuk land dat normaal droog staat, bijvoorbeeld als gevolg van hoge beekstanden of zware regenval

**kwel:** het uittreden van grondwater aan het maaiveld, bijvoorbeeld onder invloed van verschillende stijghoogten in een bepaald gebied. Kwelwater kan direct aan het grondoppervlak naar buiten treden, maar ook in bijvoorbeeld beken of drainagebuizen

**kwelwater:** het uittredend grondwater vanuit de ondergrond of vanuit hoger gelegen gebieden

**maaiveld:** het grensvlak tussen de ondergrond en de lucht of de oppervlakte van een gebied

**meandering:** de vorming van min of meer sinusoïde bochten in een beek of rivier

**microbe:** een levend micro-organisme, vaak een bacterie

**mineralisatie:** het proces van afbraak van organisch materiaal

**nitraat:** een zout waarvan het anion 1 stikstof atoom bevat en 3 zuurstof atomen, afgeleid van salpeterzuur (HNO<sub>3</sub>). Nitraten worden in de landbouw toegepast als meststof en zijn allen goed oplosbaar in water

**oppervlaktewater:** het water dat stroomt over of verblijft op het bodemoppervlak, waaronder al het water in meren en watergangen

**retentie:** het tijdelijk opvangen van water in een daarvoor bestemd gebied. Omdat hiermee water wordt onttrokken aan de rivier, vermindert de hoeveelheid door de rivier af te voeren water

**sediment:** een afzetting of bezinksel van minerale oorsprong

**slootbeek:** genormaliseerde, niet stromende beek

**sedimentval:** een plaats waar door stromend water getransporteerd sediment neerslaat

**sponswerking:** de werking van een bodem waarbij water wordt opgenomen en lange tijd wordt vastgehouden

**strooisellaag:** deel van de bodem waar recent gevallen organisch materiaal (bladeren en naalden) nog herkenbaar te vinden is en waar verteringsprocessen gaande zijn

**stikstof:** een belangrijke voedingsstof voor planten

**stikstofgas:** gasvorm van stikstof

**temporele variatie:** variatie in de tijd

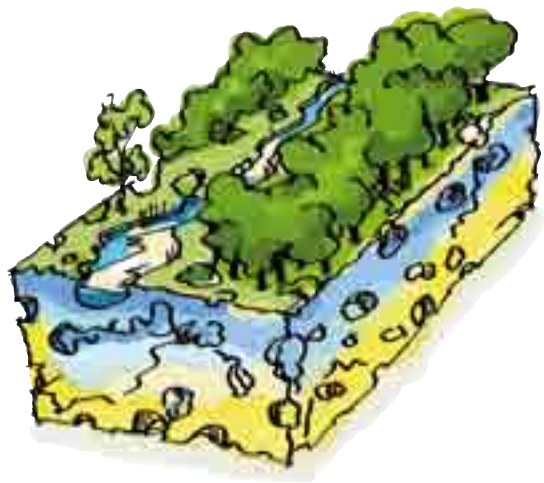
**vegetatie:** begroeiing met planten in samenhang met de plaats waar zij groeien en in de rangschikking die zij uit zichzelf (spontaan) hebben aangenomen

**verwijderingspercentage:** aandeel van een stof die uit een samenstel van stoffen, vaak water, wordt verwijderd

**verzuring:** aantasting van het milieu door zuurvormende stoffen (stikstofoxiden, zwaveldioxide, ammoniak), al dan niet in combinatie met ozon als gevolg van verontreiniging van de lucht met (direct of indirect) verzurende stoffen. Belangrijke verzurende stoffen zijn: stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ), zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ), ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en vluchtige organische stoffen (VOS)

**waterhuishouding:** de wijze waarop water in een bepaald gebied zich verplaatst, wordt gebruikt, verbruikt, vastgehouden en afgevoerd





## colofon

Met dank aan:  
Frans Verdonschot, Claudia Sikes-Hendrickx,  
Francine Loos

Foto's:  
Waterschap Peel en Maasvallei, Piet Verdonschot,  
Peter van Schalen

Ontwerp en illustraties:  
Wageningen UR, Communication Services,  
Karel Hulsteijn

Druk: Tailormade Grafisch Maatwerk, Buren

Uitgave:  
Alterra Wageningen UR







ALTERRA  
WAGENINGEN UR



Waterschap  
Peel en Maasvallei

ISBN 978-90-327-0379-0