

Paaiende beekforellen in de Geul: waarom gaat het mis?

Pim Lemmers, Joris Verhees, Ben Crombaghs, Didier Lemmens & Rob Gubbels

De beekforel is een kenmerkende vissoort van snelstromende beken met koel en zuurstofrijk water. Van oudsher is het Zuid-Limburgse stroomgebied van de Geul een van de bolwerken van beekforel in Nederland. Sinds enkele jaren wordt tijdens het najaar weer paaiactiviteit in de Geul waargenomen. Substantiële natuurlijke aanwas lijkt echter uit te blijven. In het kader van het herstel van de natuurlijke vislevensgemeenschap in de Geul, onderzocht Natuurbalans tussen 2019 en 2021 knelpunten en kansen hiervoor. Om beter grip op het verminderde paaisucces van beekforel te krijgen zijn paaibedden geïnventariseerd. Hierbij zijn diverse factoren onderzocht die betrekking hebben op de ei-ontwikkeling.

Beekforel in de Geul

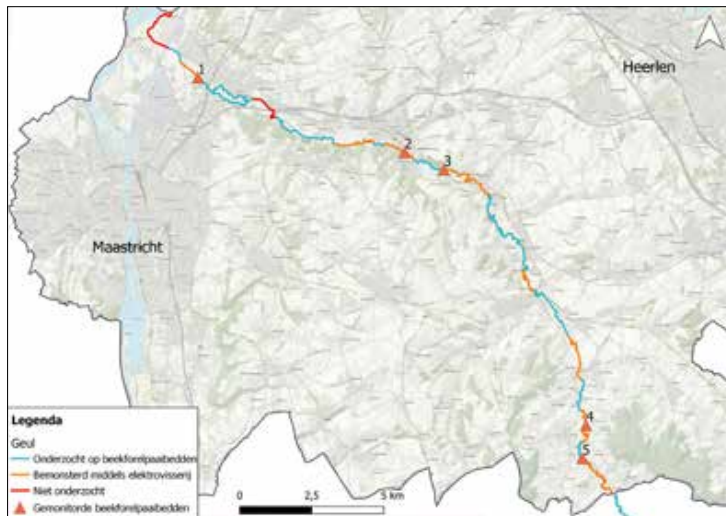
Beekforel (*Salmo trutta fario*) (figuur 1) is een rheofiele vissoort die behoort tot de familie van de zalmachtigen (Salmonidae). Ze wordt beschouwd als de residente vorm (*fario*) van de Atlantische forel (*S. trutta*). De trekkende vorm is de zeeforel (*S. trutta trutta*). Deze heeft een zeer vergelijkbare leefwijze als de Atlantische zalm (*S. salar*), waarvan eerstejaars dieren naar zee trekken om op te groeien en na enkele jaren terugkeren om te paaien. Beekforel is echter honkvast. Aan de hand van telemetrisch onderzoek met PIT-tags in de Geul is gebleken dat individuen soms zelfs jaren achtereen op dezelfde plek worden aangetroffen (Lemmers *et al.*, 2020a).

In de eerste decennia van de vorige eeuw kwam beekforel nog voor in de Geul en meerdere zijbeken (Steenvoorden, 1970). Vanaf de jaren vijftig nam de waterkwaliteit als gevolg van fabrieks-, landbouw- en rioolozingen sterk af (Steenvoorden, 1970). Populaties wisten nog korte tijd stand te houden, maar stierven omstreeks de jaren zestig van de vorige eeuw uit. De waterkwaliteit van de Geul en vrijwel alle zijbeken bereikte rond de jaren zeventig een dieptepunt, waardoor zelfs voor vrijwel geen enkele kritische rheofiele vissoort nog geschikte leefomstandigheden aanwezig waren. Tegenwoordig is de waterkwaliteit dusdanig hersteld dat de zeer kritische gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*) zich weer in de Geul voortplant (Lemmers *et al.*, 2020b),

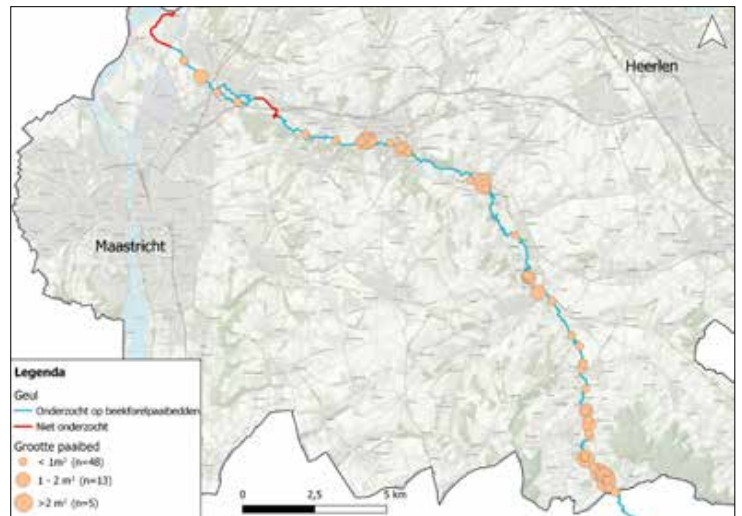


Figuur 1. Een paarijpmannetje beekforel aangetroffen in de Geul nabij Valkenburg. (Foto: Pim Lemmers)





Figuur 2. Ligging van de vijf monitoringslocaties aangeduid met 1 t/m 5 (driehoeken) alsmede acht trajecten (oranje trajecten) waar door middel van elektrovisserij gericht is gezocht naar de aanwezigheid van juveniele beekforellen in april 2021. Trajecten in rood zijn niet onderzocht.



Figuur 3. Ruimtelijke weergave van de aangetroffen beekforelpaabedden tijdens de onderzoeksperiode november-december 2020 in de Geul. De grootte van de cirkel indiceert de grootte van het paaiBED.

en de voor zware metalen gevoelige beekdonderpad (*Cottus rhenanus*) de meest abundante soort is (Lemmers *et al.*, in voorbereiding). Toch lijkt dit nog niet voldoende te zijn voor het herstel van de beekforelpopulatie. Paaï vindt wel plaats, maar door het uitblijven van voldoende nakomelingen is het huidige voorkomen van de soort in de Geul nog steeds hoofdzakelijk van uitzettingen afhankelijk.

Methoden

Beekforel is een soort die aan het einde van de herfst bij een lage watertemperatuur paaït. In de Geul gebeurt dit vanaf begin november en dit duurt tot in december, altijd in grindsubstraat. Omdat het grind in de Geul door sedimentafzetting overwegend donker is, zijn de door paaïende beekforel schoongeslagen paaïbedden van circa 1-1,5 m



Figuur 4. Een schoongeslagen beekforelpaaiBED in de Geul omgeven door donker grindsubstraat. (Foto: Pim Lemmers)



Tabel 1. Resultaten van vijf paaibedden tijdens drie monitoringsmomenten.

Locatie-nummer	Locatie paaibed	Mate van verkleving bodemsubstraat	17-dec-20		19-jan-21		17-feb-21	
			Aantal levende eitjes	Aantal dode eitjes	Aantal levende eitjes	Aantal dode eitjes	Aantal levende eitjes	Aantal dode eitjes
1	Bunde	Los	0	0	0	1	0	0
2	Valkenburg centrum (brug)	Vrij los	2	0	0	0	0	0
3	Valkenburg Drie beeldjes	Los	0	6	0	6	0	0
4	Mechelen	Substraat hard/vast	0	0	0	0	0	0
5	Vistrap Epen	Los	1	0	0	0	0	0

lengte goed vanaf de oever waar te nemen (figuur 4). Tussen november en december 2020 is het overgrote deel van de Nederlandse Geul (circa 28 km), van Meerssen tot aan de Belgische grens bij Cottessen, geïnventariseerd op aanwezigheid van paaibedden van beekforel. Er is voor deze periode gekozen, omdat de trefkans van paaibedden op dat moment groot was en het weinig regende. Regenval leidt tot bruin water dat een dergelijke inventarisatie op zicht onmogelijk maakt.

Na de inventarisatie zijn vijf paaibedden geselecteerd voor nader onderzoek (figuur 2). De paaibedden waren gemarkeerd door een metalen pin aan de benedenstroomse zijde in het grindbed te slaan. Dit is gedaan omdat de lichtere kleur van een paaibed na enkele weken al niet meer herkenbaar was vanwege sedimentafzetting. Ontwikkeling van de foreleitjes in de geselecteerde paaibedden is tussen medio december en medio februari drie keer onderzocht. Door met een hark voorzichtig over de benedenstroomse zijde van een paaibed te harken, kwamen enkele eitjes los die in een fijnmazig macrofauna-schepnet zijn opgevangen. Verstoring van het paaibed werd hierbij tot een minimum beperkt. Na het fotograferen werden de eitjes teruggeplaatst. Begin april 2021 zijn de locaties door middel van hand-elektrovisserij bemonsterd. Omdat met elektrovisserij relatief snel een beeld kan worden verkregen van de dichtheid van 0+

beekforel, zijn nog drie locaties in de Geul bemonsterd waar eerder een relatief hoge dichtheid aan paaibedden werd aangetroffen (figuur 2). In totaal is 10,3 km aan beeklengte bemonsterd.

Resultaten

Paaibedden

In totaal zijn 66 beekforel-paaibedden aangetroffen (figuur 3), grofweg neerkomend op een dichtheid van 2,4 paaibedden per kilometer. In sommige gevallen waren ouderdieren nog in de buurt van het paaibed en werd paai ook daadwerkelijk waargenomen. Gebleken is dat paaibedden niet gelijk verdeeld zijn over de Geul. Ter hoogte van Valkenburg was met 14 paaibedden een relatief hoge dichtheid aanwezig. Dit gold eveneens voor de omgeving van Gulpen met 10 paaibedden en de omgeving van Cottessen met 14 paaibedden. Daar waar de Geul dieper is, langzamer stroomt en sterker beschaduwd is, zijn aanzienlijk minder paaibedden waargenomen.

Ei-ontwikkeling

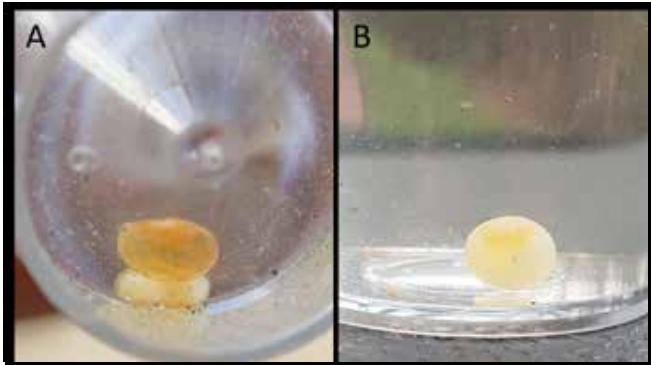
Opvallend was dat paaibedden op 19 januari 2021, een maand na het inventariseren, al niet meer zichtbaar waren en even bruin/zwart



Figuur 4. De enige 0+ beekforel (circa 1,5 cm) die tijdens de inventarisatie van acht trajecten is aangetroffen, op 9 april 2021 ten noorden van Mechelen. (foto: Pim Lemmers)



waren als het omliggende bodemsubstraat. Dit wijst er mogelijk op dat hernieuwde depositie van fijn slib snel plaatsvindt in de Geul. In totaal zijn slechts op twee locaties (2 en 5) levende eitjes aangetroffen, op twee locaties (1 en 3) dode eitjes en op locatie 4 zijn geen eitjes aangetroffen (tabel 1). Levende eitjes zijn helder oranje en dode eitjes blijken wit en troebel (figuur 5). Locatie 4 was ook de enige locatie waar het bodemsubstraat in het paaibed harder en sterker aan elkaar gekleefd leek. Gezien de lage aantallen van levende eitjes, die enkel tijdens de eerste inventarisatie op 17 december 2020 werden aangetroffen, kon geen beeld verkregen worden van de verdere ontwikkeling ervan.



Figuur 5. A) Aangetroffen beekforeleitje tijdens de monitoring dat in leven was, te zien aan de helder oranje kleur bij het voorste eitje en B) een eitje waarvan de inhoud troebel en wit is, hetgeen indiceert dat het embryo op het moment van aantreffen niet meer in leven was. (Foto A: Joris Verhees, Foto B: Pim Lemmers)

Monitoring 0⁺ beekforel

Monitoring door middel van elektrovisserij is begin april 2021 uitgevoerd (figuur 2). Tijdens de monitoring is gericht naar 0⁺ beekforel gezocht op relatief ondiepe en snelstromende delen bestaande uit grindachtig substraat. Ondanks bemonsteringen op locaties waar eerder hoge dichtheden paaibedden zijn vastgesteld (figuur 3), zijn nagenoeg geen 0⁺ beekforellen aangetroffen. In totaal is slechts één exemplaar (figuur 4) aangetroffen op een grindbank ten noorden van locatie 4 waar eerder ook paaibedden zijn vastgesteld.

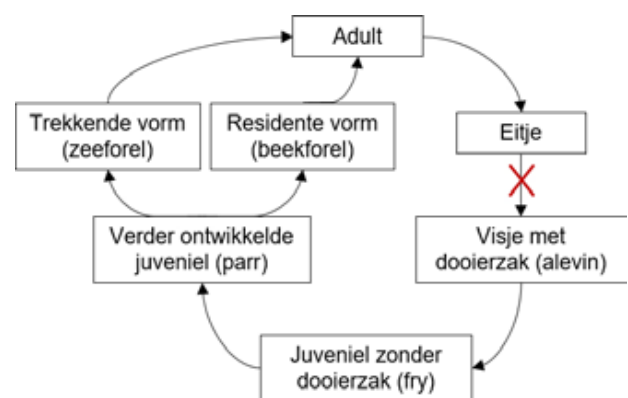
Discussie

Tijdens voorliggend onderzoek zijn in totaal 66 paaibedden van beekforel aangetroffen verdeeld over de gehele Nederlandse Geul, maar met duidelijke concentraties, vooral nabij Valkenburg, Gulpen en Cottessen. Paaibedden zijn geïnventariseerd door de bodem van de Geul vanaf de oever te inspecteren op lichte plekken in het grindsubstraat. Niet alle locaties bleken even bereikbaar en overzichtelijk. Het is daarmee aannemelijk dat er paaibedden over het hoofd zijn gezien. Ook zijbeken van de Geul zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Het aantal waargenomen paaibedden is dan ook zeer waarschijnlijk een onderschatting van het werkelijke aantal paaibedden in het stroomgebied van de Geul. Maar aangetoond is dat er paarijpe beekforellen aanwezig zijn die op flinke schaal paaien.

In Spanje werden 0⁺ beekforellen aangetroffen in dichtheden van 0,01-2,02 exemplaren per m² (Lobón-Cerviá, 2007). In Zwitserland was dit 0,0017-2,67 exemplaren per m² (Schager *et al.*, 2007). Aanwas van

beekforel hangt sterk samen met het aantal paaiende vrouwtjes (Lobón-Cerviá, 2007). Zodoende zou kunnen worden verwacht dat, met name in paaibedden-hotspots van de Geul, een relatief hoog aantal eitjes en daarna 0⁺ vissen zouden worden aangetroffen. Dit bleek echter niet het geval. Binnen de steekproef van vijf onderzochte paaibedden, werden slechts in twee levende eitjes aangetroffen, in twee enkel dode en in één paaibed waren helemaal geen eitjes aanwezig. De monitoring met behulp van elektrovisserij resulteerde in één 0⁺ beekforel, neerkomend op een dichtheid van 0,000097 exemplaren per m². Het herintroductieproject in de Geul van zalm, een soort die een zeer vergelijkbare levenscyclus met betrekking tot de paai- en opgroei-habitat heeft, laat zien dat jonge zalmen, die worden uitgezet als visje van circa 1 tot 2 cm, wel opgroeien tot gezonde vissen met een goede conditie (Lemmers *et al.*, 2022). Tijdens de jaarlijkse zalmenmonitoring eind september worden zeer zelden jonge beekforellen aangetroffen. Daarmee is de meest waarschijnlijke verklaring voor het geringe reproductiesucces van beekforel een mislukte overleving van de ei-fase (figuur 6).

Paai van beekforel vindt plaats in november-december wanneer de watertemperatuur laag is en daarmee het zuurstofgehalte hoog. Afgezette eitjes in een grindbank zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van een complexe en permanente doorstroming van zuurstofrijk water door het grindbed. De relatief lange ontwikkelingsfase van eitjes wordt als de meest kritische en kwetsbare fase beschouwd (Greig *et al.*, 2007). Een gedetailleerde uiteenzetting van de ei-ontwikkeling in relatie tot zuurstofbeschikbaarheid is beschreven door Greig *et al.* (2007). Door inspoeling van fijn sediment (in Zuid-Limburg is dit löss) uit de aangrenzende omgeving raakt de bovenste grindsubstraatlaag van de bodem overdekt, verstopt en vastgekleefd. Hierdoor ontstaat, door gebrek aan doorstroming, een zuurstofarme omgeving waarin eitjes verstikken (Greig *et al.*, 2007; Pulg *et al.*, 2013). Schager *et al.* (2007) toonden een negatieve relatie aan tussen het aantal 0⁺



Figuur 6. Schematische weergave van de levenscyclus van Atlantische beekforel. Het eitje wordt afgezet door een vrouwtje en daarna bevrucht door een mannetje. Hier komt een visje met een dooierzak (alevin genoemd) uit. Vervolgens ontwikkelt dit zich tot juveniele vis (fry genoemd, zie figuur 4). Een fry ontwikkelt zich tot een iets grotere parr, waarna een klein deel van de forellen zich klaarmaakt voor de trek naar zee, dit zijn zeeforellen. De dieren die niet naar zee trekken zijn resident en betreffen beekforellen. Het rode kruis geeft aan waar het in de cyclus van beekforel hoogstwaarschijnlijk misgaat in de Geul: de overleving van de eitjes.



beekforellen en de mate van verkleving van het grindsubstraat. Dit komt overeen met veldwaarnemingen tijdens deze studie van dode eitjes in ogenschijnlijk goed paaisubstraat. Als belangrijkste oorzaak van sedimentinspoeling wordt intensieve akkerbouw zoals maisbouw verondersteld, waarbij landbouwactiviteiten zorgen voor erosie van fijne sedimentfracties die na regenbuien geconcentreerd watergangen inspoelen (Opperman *et al.*, 2005; Pulg *et al.*, 2013). Ten aanzien van de gehele loop van de Geul concentreert het intensieve landbouwgebruik zich voornamelijk tussen Epen en Gulpen, op Nederlands grondgebied. Overmatige inspoeling van fijn sediment en het neerslaan hiervan kent daarnaast ook negatieve gevolgen voor verschillende taxa van bentische macro-evertebraten, zoals haften, schietmotten en steenvliegen (Descloux *et al.*, 2014), die een belangrijke voedselbron vormen voor zalmachtigen.

In tegenstelling tot beekforellen bestaan van grindpaaiende karperachtigen in de Geul geen aanwijzingen dat populaties afnemen (Lemmers *et al.*, 2020a, 2020b). Met betrekking tot de paai is het verschil tussen deze soorten en beekforel het paaimoment. Waar beekforel in november en december paait, doen de karperachtigen dit tussen maart en augustus. In tegenstelling tot de karperachtigen wordt de periode na de paai van beekforel gekenmerkt door veel regen en daarmee inspoeling van sediment. Tevens is de ontwikkelduur van beekforeleitjes met enkele maanden erg lang, in vergelijking met de voorjaarspaaiers. Dit maakt ze helaas extra kwetsbaar.

Conclusie

Uit voorliggend onderzoek blijkt dat er veel paaiactiviteit van beekforel in het stroomgebied van de Geul is, het paaisucces blijkt echter zeer laag. Dit is hoogstwaarschijnlijk te wijten aan het snel verstopt en vastgekleefd raken van het grind in de paaibedden waardoor eitjes onvoldoende zuurstof krijgen en verstikken. De oorzaak van verstopping en verkleving van het grindsubstraat betreft waarschijnlijk inspoeling van fijn sediment vanuit aangrenzende landbouwpercelen tijdens regenbuien. Echter, concrete gegevens over aard, omvang en herkomst hiervan ontbreken vooralsnog. De urgentie voor het oplossen van dit knelpunt is hoog omdat dit als een ernstig knelpunt wordt beschouwd voor het reproductiesucces en daarmee de duurzame overleving van grindpaaiende vissoorten die een belangrijk onderdeel uitmaken van de natuurlijke vislevensgemeenschap in de Geul en zijbeken. Verwacht wordt dat, zodra dit knelpunt is weggenomen, de beekforelpopulatie weer zal floreren.

Dankwoord

Het huidige voorkomen en voortbestaan van beekforel is geheel te danken aan de inspanningen van leden van de Visstandbeheercommissie (VBC) Geul en Zijbeken. De VBC zet zich in voor een verantwoorde manier van hengelsport, onderzoek, visstandbeheer en -behoud. Dit onderzoek is financieel mogelijk gemaakt door bijdragen van de Provincie Limburg, Rijkswaterstaat en Waterschap Limburg. Bas Aarts danken we voor hulp bij het inventariseren van paaibedden. Dirk Heijkers, Paul van Hoof en Johan Meijer danken we voor hun hulp bij het inventariseren van eitjes en vissen.

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Summary

Spawning brown trout in the River Geul: why does it go wrong?

The River Geul is one of the few strongholds of brown trout (*Salmo trutta fario*) in the Netherlands. During the spawning season, spawning activity has been observed in the River Geul for many years, but frequent natural recruitment fails to occur. In order to increase knowledge of key factors, spawning beds have been located and subsequently monitored during the egg and larval development. Over a river length of 28 km, 66 spawning beds were found. Of these, five beds were further investigated by carefully collecting eggs with a rake and dipnet. Alive eggs were found in two spawning beds, dead eggs in two, and no eggs in one spawning bed. Subsequently, electrofishing was used to sample spawning beds and their surroundings for the presence of σ^+ animals. This yielded only one individual. The evaluation of a reintroduction project of Atlantic salmon (*S. salar*) in the River Geul, where small fish of 1-2 cm are released in spring, shows that the salmon grow up to be healthy fish in good condition. Thus, the most likely scenario for the low recruitment of brown trout is low survival in the egg phase. During spawning, the eggs sink into the gravel bed and develop here during several months. The eggs in a gravel bed depend on a complex and permanent flow of oxygen-rich water flowing through. However, most likely due to erosion of fine sediment by agricultural activities, these gravel beds become clogged up which prevents the oxygen supply to the eggs.

Literatuur

- Descloux, S., T. Datry, P. Usseglio-Polatera, 2014. Trait-based structure of invertebrates along a gradient of sediment colmatation: Benthos versus hyporheos responses. *Science of the Total Environment* 466-467: 265-276.
- Greig, S.M., D. A. Sear & P. A. Carling, 2007. A review of factors influencing the availability of dissolved oxygen to incubating salmonid embryos. *Hydrological Processes* 21: 323-334.
- Lemmers, P., J.J.F. Verhees, B.H.J.M. Crombaghs, D.J.R.C. Lemmers & W.J.A.M. Lemmers, 2020a. Vier jaar telemetrisch onderzoek in de Geul. Migratiegedrag en -patronen van een rheofiele visgemeenschap in de periode 2015-2018. *Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen*.
- Lemmers, P., J.J.F. Verhees, N. van Kessel & R.E.M.B. Gubbels, 2020b. Gestippelde alvers (*Alburnoides bipunctatus*) in het stroomgebied van de Maas. Waarnemingen in de periode 1919-2019 en toekomstperspectief. *Natuurhistorisch Maandblad* 109(7): 157-162.
- Lemmers, P., J.J.F. Verhees & B.H.J.M. Crombaghs, 2022. Herstel natuurlijke vislevensgemeenschap in de Geul 2019-2021. Onderzoek naar knelpunten en kansen voor verder herstel. *Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen*.
- Lemmers, P., M. Groen, B.H.J.M. Crombaghs, R.E.M.B. Gubbels, T. de Krom, F. van Langevelde, G. van der Velde & R.S.E.W. Leuven, in press. Population recovery and occurrence of the endemic Rhine sculpin (*Cottus rhenanus*). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*.
- Lobón-Cerviá, J., 2007. Numerical changes in stream-resident brown trout (*Salmo trutta*): uncovering the roles of density-dependent and density-independent factors across space and time. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64(10): 1429-1447.
- Opperman, J.J., K.A. Lohse, C. Brooks, N.M. Kelly & A.M. Merenlender, 2005. Influence of land use on fine sediment in salmonid spawning gravels within the Russian River Basin, California. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 2740-2751.
- Pulg, U., B.T. Barlau, K. Sternecker, L. Trepl & G. Unfer, 2013. Restoration of spawning habitats of brown trout (*Salmo trutta*) in a regulated chalk stream. *River Research and Applications* 29: 172-182.
- Schager, E., A. Peter & P. Burkhardt-Holm, 2007. Status of young-of-the-year brown trout (*Salmo trutta fario*) in Swiss streams: factors influencing YOY trout recruitment. *Aquatic Sciences* 69: 41-50.
- Steenvoorden, J.H.A.M., 1970. Onderzoek naar de achteruitgang van de visstand in Zuid-Limburgse beken en de gestuwde Maas ten gevolge van waterverontreiniging. *Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN), Wageningen*.

Pim Lemmers, Joris Verhees & Ben Crombaghs

Natuurbalans – Limes Divergens BV, lemmers@natuurbalans.nl

Didier Lemmers

VBC Geul en Zijbeken

Rob Gubbels

Waterschap Limburg

