

De Roer meanderde in 40 jaar van kolengruis naar Natura 2000

door Harry Tolkamp

De Roer is een fantastisch meanderend riviertje in Midden-Limburg. Een riviertje dat voor Limburg en voor Nederland unieke levensgemeenschappen herbergt die zo bijzonder zijn dat ook internationaal al erkenning is verworven. Aan het Roerdal is de status van prioritair Natura 2000 gebied toegekend onder de Flora- en Faunawet en de Habitatrichtlijn. De Roer heeft een totaal stroomgebied van 2.340 km² van de bron in de Haute Fagnes in Wallonië tot de monding in de Maas bij Roermond, met een totale lengte van ruim 160 km. Hiervan ligt 150 km² (6,5 %) in Wallonië en 100 km² (4,5%) in Nederland. De rest ligt in Duitsland. Onze burens in Nordrhein-Westfalen hebben het traject tussen Vlodrop en St. Odiliënberg aangewezen als referentiebiotoop voor de riviertjes van dit type.



*Karakteristiek beeld van de natuurlijke Roer tussen de grens en Vlodrop.
(foto: Hugo Jamin)*

Daarmee vervult de 18 km Roer die Duitsland scheidt van de Maas een essentiële rol in de samenwerking tussen de Duitse en de Nederlandse waterbeheerders. In Nederland noemen we riviertjes van dit type "Snelstroomend riviertje op kiezelhoudende bodem". In Duitsland noemt men dit type "Kiesgeprägter Tieflandfluss".

Het bijzondere karakter van de Roer werd al in de jaren zeventig van de twintigste eeuw onderkend door het Limburgse provinciebestuur. Bij de uitbreiding van het beheersgebied van het toenmalige Waterschap Geleen- en Molenbeek met zijtakken, werd uitdrukkelijk de voorwaarde gesteld dat de vrije meandering dan wel het herstel van het natuurlijke karakter gegarandeerd diende te worden. Gelukkig werd in dit gebied als een van de eerste gebieden in Nederland bescherming geboden tegen de nog steeds oprukkende ruilverkavelingen. Die waren, vooral sinds de Tweede Wereldoorlog, vrijwel uitsluitend op de productieverbodiging gericht, met de bijbehorende regulatie, normalisatie en kanalisatie van de waterlopen. Regulatie betrof de waterafvoer en de peilen, normalisatie het vormgeven volgens een standaardprofiel en kanalisatie betrof het bevaarbaar maken van de waterwegen. In de praktijk worden deze termen nogal eens door elkaar gebruikt.

In 1983 kwam de Roer onder waterschapsbeheer en het waterschap draagt sedertdien de naam Waterschap Roer en Overmaas. Voor het toekomstig beheer werd een apart beheersplan voor deze uitbreiding geschreven. Hierdoor werd zowel voor de buitenwacht als de interne organisatie duidelijk binnen welke randvoorwaarden het stroomgebied van de Roer zou worden beheerd. Heel belangrijk was het beleidsuitgangspunt dat de Roer een vrij meanderend karakter diende te behouden. Daar waar dit werd gehinderd door oeververdediging, moest deze worden opgeruimd. Daarop werd wel de uitzondering gemaakt dat bestaande infrastructuur, zoals bruggen, leidingen, wegen en gebouwen beschermd mochten blijven. Met puin verstevigde trajecten dienden echter weer vrijgemaakt te worden. Om economische schade door het weer vrije bewegen van de rivierbedding te voorkomen, bood het waterschap aan de meanderstrook langs de oevers te kopen. De verkoper kon daarop de grond kosteloos weer in gebruik krijgen, echter schade zou niet meer te verhalen zijn.

De Roer is een rivier die bij hogere afvoeren en hoogwater in de Maas, buiten zijn oevers treedt in het laaggelegen rivierdal. Dit overstromingsgebied is daarmee onlosmakelijk verbonden met de rivier en wordt dan ook beschouwd als onderdeel van het oppervlaktewater. Activiteiten binnen deze grenzen richten zich dan ook op het voorkomen van schade c.q. vervuiling van het oppervlaktewater.

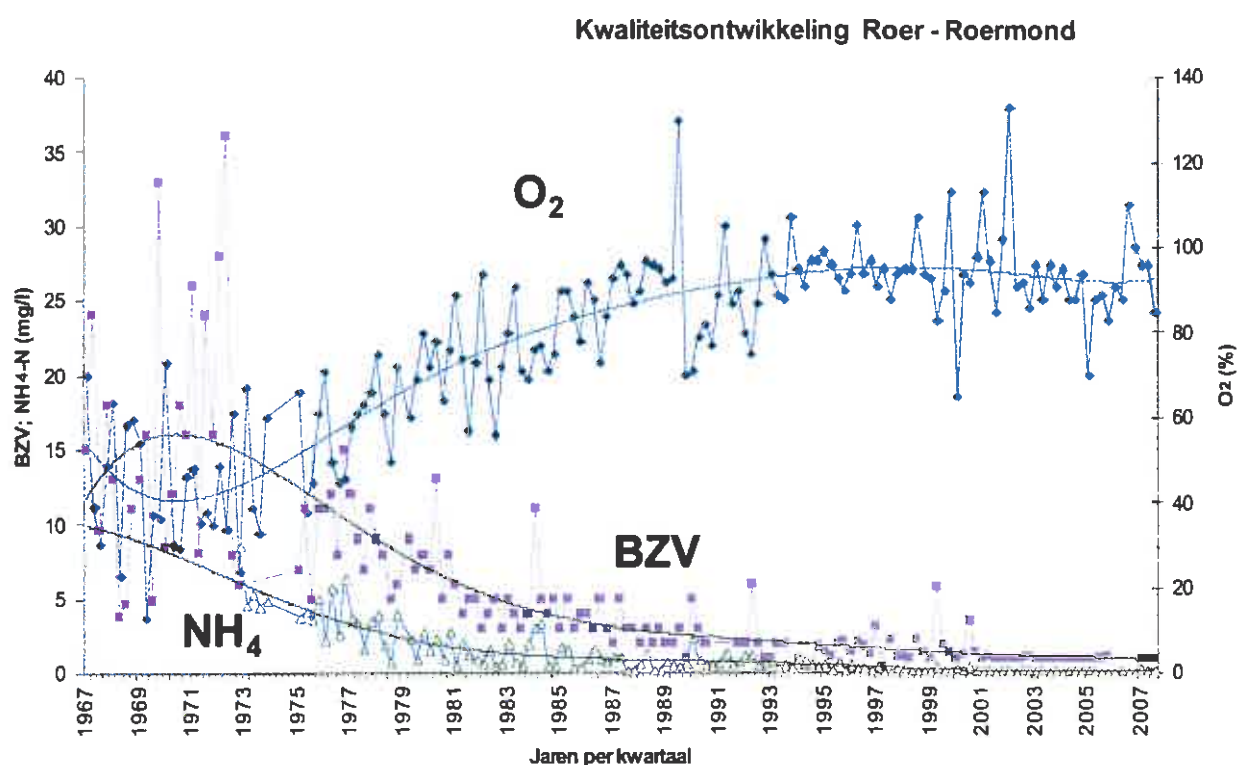
De waterkwaliteit

De Roer ligt bij de oudere bewoners van de Roerstreek nog in het geheugen als een rivier die zwart zag en waar bij tijd en wijle schuimbergen ontstonden bij de stuwen. Dat had uiteraard alles te maken met de activiteiten in het stroomgebied van de Roer in Duitsland. De Eifelrur, zoals de Roer in de bovenloop wordt genoemd (niet alleen vanwege de oorsprong in de Ardennen-Eifel, maar ook om het onderscheid met de Ruhr bij Duisburg-Essen te maken, de Ruhr met H) was al in de tijd van de Romeinen een motor voor de economische ontwikkelingen langs de rivier. De kracht van water werd gebruikt voor het aandrijven van de molens. Daarvoor werden tientallen molentakken gegraven, enerzijds om het water zoveel mogelijk verval te geven op de gewenste plaats, anderzijds om het water ver bovenstrooms af te kunnen leiden en de kwaliteit zo goed mogelijk te houden voor de beoogde industriële toepassingen. De Roer is er verantwoordelijk voor dat Düren en Jülich belangrijke vestigingsplaatsen werden en, zoals dat gaat, van het een komt het ander. Daar draagt ook aan bij dat in die streek aanzienlijke ertsvoorraden voorkomen, die door de mens werden gewonnen. IJzer, koper, chroom, nikkel, lood, zink, maar ook zilver en zelfs goud in kleine hoeveelheden (Droste, 2007). En natuurlijk bruinkool en zwarte kool. De groei van de bevolking trok meer industrie aan waardoor er steeds meer water nodig was voor al deze activiteiten. De molens vervulden hun taak om het graan te malen, maar ook in het pletten van wol voor de lakenindustrie (het zogenaamde vollen). Leerlooierijen gebruikten het water en de zware metaalzouten voor de leerproductie. Het schone water van de Roer was geschikt om te worden gebruikt voor de papierproductie in Düren. Verder benedenstrooms was de vervuiling van de rivier al zo toegenomen dat er nog slechts grof papier (karton) gemaakt kon worden.

De vervuiling van de Roer nam met de groei van de bevolking toe en bereikte in de eerste helft van de twintigste eeuw wel haar hoogtepunt. Op 11 juli 1907 was al in het Venloosch Nieuwsblad te lezen dat de zalm was uitgestorven ten gevolge van de sterke watervervuiling.

Zuurstofhuishouding

Pas in de jaren zestig en zeventig werd het bewustzijn van bevolking en overheid zo groot dat er met voortvarendheid is gewerkt aan het staken van de lozingen en de vervuiling van het stroomgebied. Er werden waterzuiveringsinstallaties gebouwd voor de behandeling van het afvalwater van de steden. Daarop volgend werden ook de dorpen van riolering voorzien en aangesloten op de zuiveringsinstallaties. Dit alles leidde tot een enorme verbetering van de waterkwaliteit van de Roer. In Figuur 1 is aan de hand van een selectie van vier metingen per jaar de ontwikkeling van de zuurstofhuishouding geïllustreerd. Het is duidelijk dat de kwaliteit eind jaren zestig nog flink te verbeteren viel, maar bovenal dat in de jaren negentig duidelijk een omslag ten goede plaats vond. Dat is een trend die zich voordeed in vrijwel alle beken en riviertjes in Limburg.

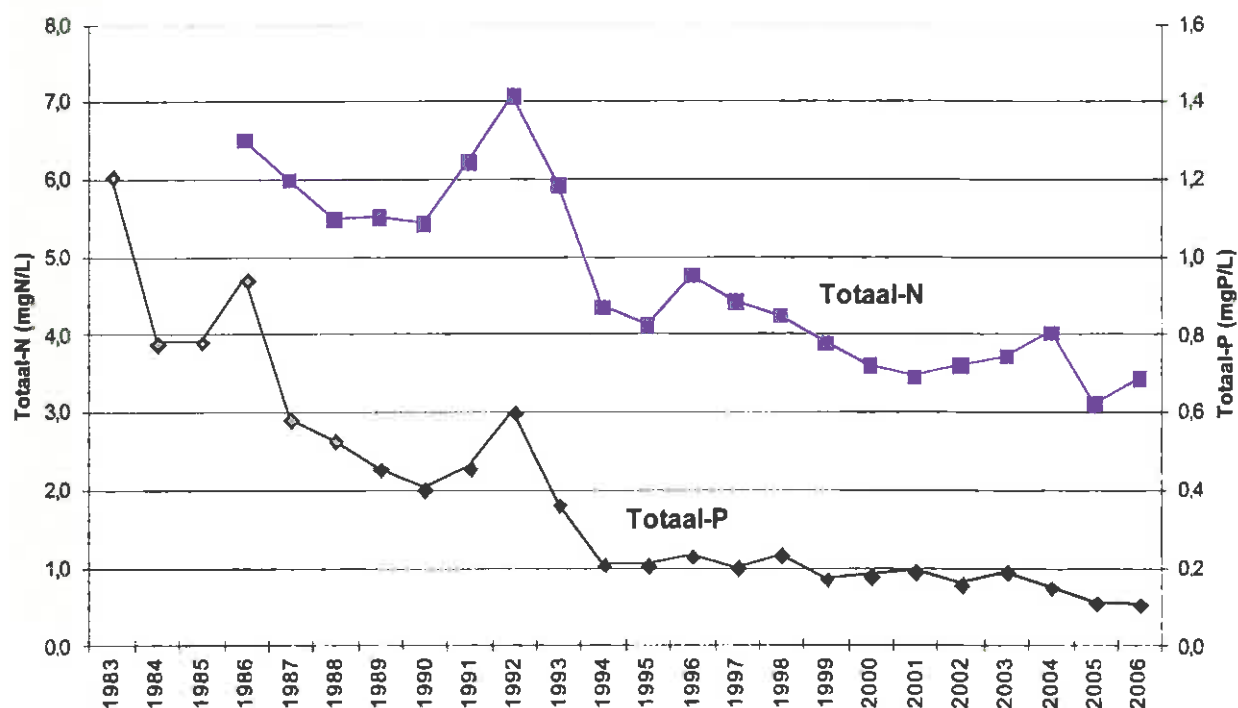


Figuur 1. Het verloop van de zuurstofhuishouding in de Roer op basis van kwartaalcijfers in 3 decennia, waarbij voor de verduidelijking een trendlijn (een 6^{de} graads polynoom) is getekend.

(O₂ = zuurstofverzadigingspercentage; BZV = Biochemisch zuurstofverbruik; NH₄-N = ammonium stikstofgehalte)

Interessant is ook om het verloop van andere waterkwaliteitsparameters eens onder de loep te nemen. Zo zien we aan het gestaag dalen van de stikstof- en fosforgehalten in de laatste 25 jaar een duidelijke invloed van het Noordzee-actieprogramma van de landen gelegen in de stroomgebieden die hierop afwateren. Dit programma moest ervoor zorgen dat de belasting van de zee met meststoffen sterk teruggedrongen werd. Daarbij kunnen landen kiezen voor het voldoen aan de Europese norm voor gezuiverd afvalwater per installatie, of voor een gebiedsgerichte totaalnorm. Nederland koos voor dat laatste en bepaalde dat er fosfaatvrij moest worden gewassen. Per beheersgebied van de zuiveringschappen of waterschappen moet tenminste 75 % van de vracht aan stikstof en fosfor op de rioolwaterzuiveringsinstalla-

ties (rwzi) worden verwijderd. In Duitsland koos men voor de normbenadering en bepaalde dat rwzi's, die hun gezuiverde water lozen op kwetsbare wateren tenminste moesten voldoen aan de Europese norm en waar mogelijk nog verdergaand, wanneer de functie van het water dat nodig maakt. Dat laatste geldt bijvoorbeeld voor de rwzi's die lozen op de Worm en zijbeken, waar men voor fosfor een norm aanhoudt die 2,5 keer strenger is dan de EU-norm van 2 mg P/l voor kleine rwzi's (<20.000 i.e.'s) en 1 mg P/l voor grotere rwzi's, ofwel op 40 % hiervan. Dit is in Limburg ook al toegepast voor de rwzi in Rimburch.



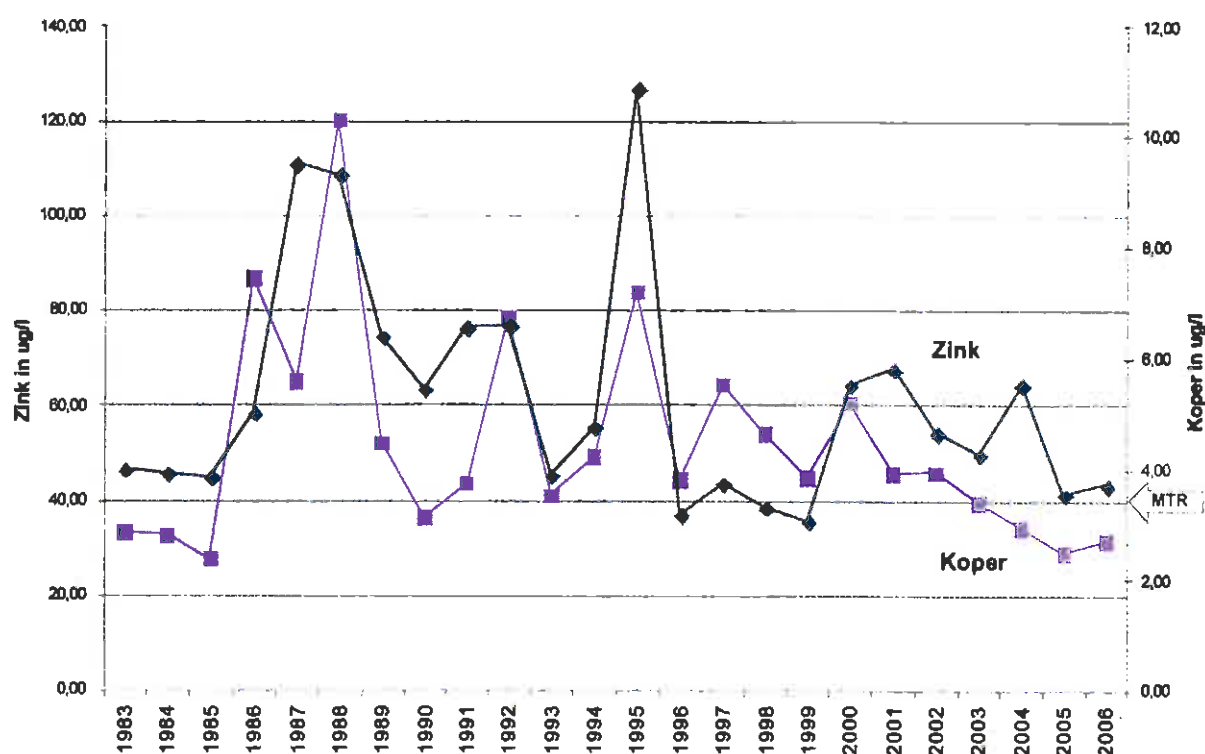
Figuur 2. Het verloop van het jaargemiddelde totaal-stikstof en totaal-fosfor gehalte in de Roer tussen 1983 en 2006.

Wanneer we met deze cijfers op het netvlies deze vergelijken met de ontwerp-normen die momenteel in ontwikkeling zijn voor de Nederlandse oppervlaktewateren (totaal-N: 4 mg/l; totaal-P: 0,14 mg/l) dan zien we in Figuur 2 dat de Roer, wanneer deze Limburg binnenstroomt al aan deze normen voldoet. Dit is een compliment voor de bovenstroomse beheerders van dit stroomgebied.

Zware metalen

Zware metalen vormen een belangrijke vorm van verontreiniging die afkomstig kan zijn van de landbouw, de huishoudens en de industrie. Door allerlei bronreducerende maatregelen is de laatste decennia een belangrijke stap gemaakt om deze stoffen zoveel mogelijk aan de bron tegen te houden en het milieu er niet mee te belasten. Zo heeft de galvanische industrie grote vorderingen gemaakt in het terugwinnen van zware metalen bij het productieproces en is het toevoegen van koper aan veevoer inmiddels beëindigd. Loden aan- en afvoerpijpen in onze huizen, waar vroeger zelfs het drinkwater door werd aangevoerd, zijn of worden gesaneerd. In duurzame woningen wordt vandaag de dag geen koperen maar een kunststof waterleiding aangelegd.

Steeds vaker worden duurzame bouwmaterialen toegepast of worden aan weer en wind blootgestelde materialen gecoat, zoals de zinken dakgoren of de loodslabben tegen waterinslag. Daardoor zijn de zware metaalgehalten in het oppervlaktewater sterk afgenomen en al vaak tot onder de waterkwaliteitsnorm gedaald. Voor de metalen koper en zink geldt dat nog niet. Daarvoor werd in 2006 de norm (het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau, MTR) nog op resp. 37 en 46 % van de onderzoekslocaties overschreden, en dat geldt ook voor de metingen in de Roer. Deze norm is in de praktijk gebaseerd op de ecotoxiciteit van het metaal voor organismen, waarbij inmiddels blijkt dat dit kan worden beschouwd als een zeer veilige norm voor veel metalen. De reden is dat deze norm is gemaakt voor de totaalgehalten terwijl in de praktijk hiervan slechts een klein deel daadwerkelijk biologisch beschikbaar is. In Figuur 3 zijn de gehalten voor koper en zink in de Roer (op basis van het jaargemiddelde) op een rij gezet. Op deze manier is het verloop van de daling over de jaren goed te volgen. Deze gehalten zijn niet direct vergelijkbaar met de MTR-waarden, omdat hiervoor een toetsingsprotocol geldt dat werkt met gecorrigeerde waarden (voor lutum en organische stof gehalten) en de 90-percentiel getallen.



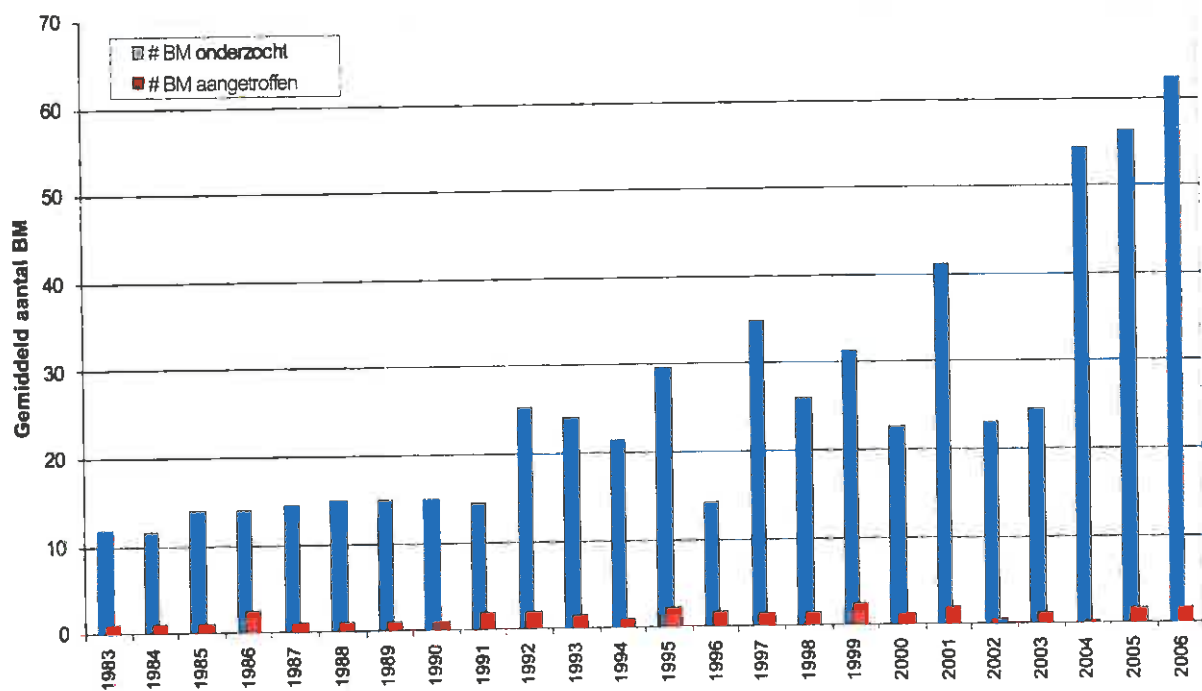
Figuur 3. Het jaargemiddelde gehalte van koper resp. zink (in µg/l) in het water van de Roer.

Bestrijdingsmiddelen

In de achterliggende decennia is de Roer steeds intensief onderzocht op de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen. Gewasbeschermingsmiddelen, pesticiden, herbiciden, insecticiden, acariciden, fungiciden, allemaal namen voor stoffen die op een of andere wijze giftig zijn voor de doelgroep waarvoor ze worden gebruikt. Stoffen die meestal afkomstig zijn uit een laboratorium, door de mens uitgevonden en gemaakt; stoffen die in veel gevallen ook giftig

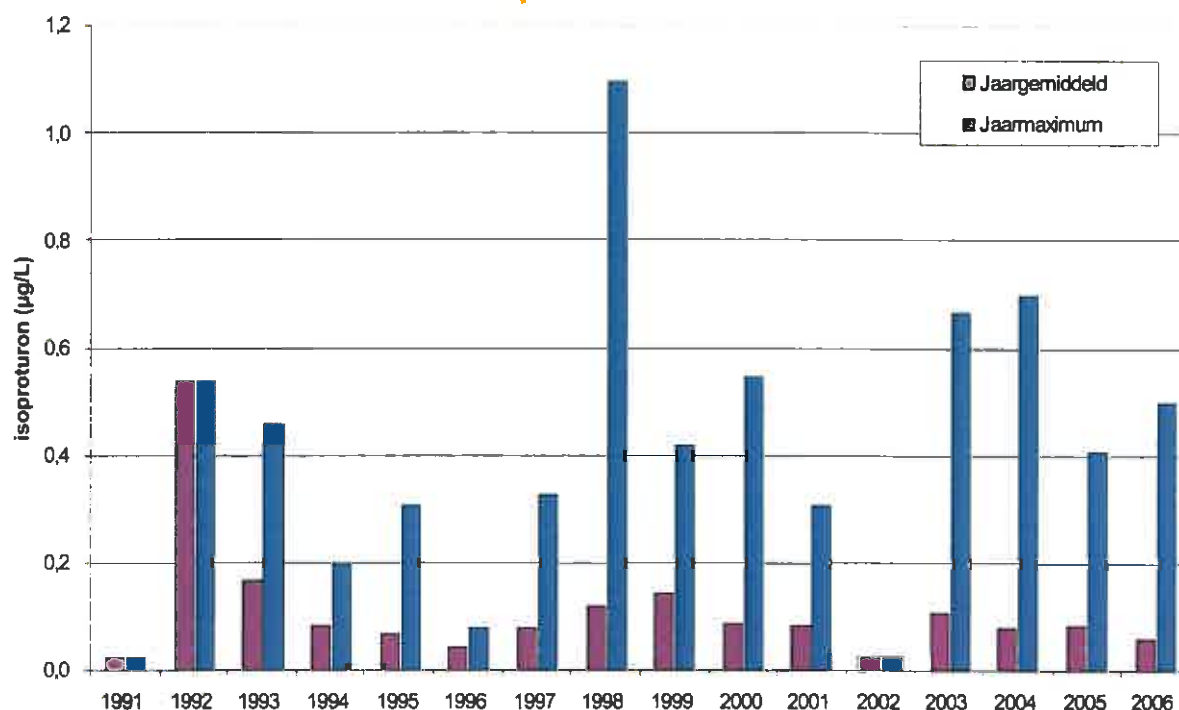
zijn voor andere organismengroepen dan waarvoor in eerste instantie bedoeld. Stoffen ook die vaak slecht worden afgebroken en daardoor nog lang kunnen doorwerken als giftig voor het milieu en ook voor de mens. De meest giftige stoffen die aanvankelijk werden gebruikt zijn inmiddels verboden voor gebruik in Nederland of zelfs West-Europa. Denk daarbij aan stoffen als DDT, endosulfan, dieldrin, etc. Maar voor ieder verboden middel komen er vaak meerdere in de plaats; middelen die dan iets minder giftig zijn, minder slecht voor het milieu zijn. Dit kan echter tot gevolg hebben dat in het water een restgehalte van een zeer giftig middel wordt vervangen door enkele malen een lager gehalte van een iets minder giftig middel, waarbij het totale gehalte aan milieuvreemde stof niet per definitie lager is. Daardoor lijkt het per individuele stof beschouwde verloop wel eens te rooskleurig, beschouwd vanuit de totale problematiek. Zeker wanneer we bedenken dat deze nieuwe middelen in combinatie met elkaar nog wel eens behoorlijk giftig zouden kunnen zijn. Anderzijds is het natuurlijk grote winst wanneer hierdoor bereikt kan worden dat de giftigheidsgrenzen voor al deze stoffen niet meer worden overschreden. De gebruiker van deze middelen kan ze dan doelmatig aanwenden zolang hiervoor geen bestrijdingsmiddelenvrije methoden voorhanden zijn. Het milieu ondervindt er dan geen of minder directe gevolgen van. Vanuit een milieuhygiënisch oogpunt zou het streven gericht moeten zijn op duurzame biologische bestrijding en het vermijden van milieuvreemde stoffen, omdat deze zich in het milieu ophopen en er niet thuis horen.

In Figuur 4 is geïllustreerd dat in ruim 20 jaar het aantal in de Roer gezochte bestrijdingsmiddelen (dat volgt in de praktijk het aantal middelen dat wordt gebruikt) is toegenomen van 12 naar ruim 60 stoffen, en dat er altijd wel enkele middelen worden aangetroffen.



Figuur 4. Het jaargemiddeld onderzochte en aangetoonde aantal bestrijdingsmiddelen (BM) in de Roer tussen 1983 en 2006.

Als we meer specifiek kijken naar een stof als diuron - een onkruidbestrijdingsmiddel dat in Nederland in 1999 werd verboden en dat in Duitsland alleen toegelaten is voor gebruik door niet-particulieren - dan zien we dat deze stof jaarlijks in de Roer wordt aangetroffen, maar de laatste 5 jaar in lagere gehalten dan daarvoor. De campagnes in beide landen om verharde oppervlakken als stoepen en opritten niet met dit middel te behandelen zijn kennelijk succesvol geweest. Het belangrijkste argument daarbij is dat er grote kans is dat het middel afstroomt naar de riolering en van daaruit - doordat het niet afgebroken wordt in de rwzi - naar de beken of direct naar het oppervlaktewater. Deze daling van het diurongehalte wordt echter weer tenietgedaan door de stijging



Figuur 5. Jaargemiddelde en maximale gehalten van isoproturon in de Roer bij de grens.

van vervangende middelen, zoals glyfosaat. Dit is het werkzame bestanddeel van een middel dat wordt verkocht onder de merknaam Round-up. Een middel waarvan werd beweerd dat het biologisch afbreekbaar is, maar waarvan het afbraakproduct wel erg langdurig werkzaam is wanneer het om water gaat. Dit afbraak product, AMPA (aminomethylfosfonzuur), wordt namelijk niet verder afgebroken, en ook al is het minder bezwaarlijk dan glyfosaat, de drinkwaterbedrijven willen dit niet mee moeten sturen met het drinkwater dat uit het oppervlaktewater wordt bereid.

In Duitsland wordt glyfosaat weinig toegepast. Daar wordt de laatste jaren overgestapt op oneigenlijk gebruik van een middel als isoproturon, op de markt als bestrijdingsmiddel in de graanteelt, maar steeds vaker gebruikt op verharde oppervlakken. Dit blijkt onder andere uit Figuur 5 waar de jaargemiddelden niet significant veranderen in de loop der jaren, maar de jaarmaxima lijken toe te nemen.

Een stof die in het verleden ook veel in de Roer werd aangetroffen is het voor de bestrijding van houtworm en de bescherming van houten stellingen in de champignonteelt populaire

en inmiddels verboden middel lindaan, ook wel gamma-hexachloorcyclohexaan genoemd. Wat deze stof betreft was de Roer begin jaren tachtig de rivier met de hoogste gehalten lindaan in het vet van palingen, 2,5 maal meer dan in de palingen in de Maas bij Eijsden. In het vet van roerpalingen werden gehalten van ruim 3.200 µg/kg bereikt. Inmiddels is dat gehalte gedaald tot een niveau in de buurt van de 50 µg/kg vet. (Pieters et al, 2004).

Polychloorbifenylen (PCB's)

Ook het industrieel afvalwater werd aangepakt. En zelfs het mijnwater dat weggepompt moest worden om de mijnen droog te houden werd eind jaren tachtig gezuiverd voor het werd geloosd op de zijbeken van de Roer. Dat was ook hard nodig, want het grondwater dat uit de soms honderden meters diepe zwarte kolenmijnen, onder andere in de buurt van Eschweiler, weg moest was in de mijnen verontreinigd met hydraulische olie (naast het kolengruis uit de kolenwasserijen). Deze olie was sterk milieubelastend. Aanvankelijk werd in de mijnen voornamelijk naalddhout gebruikt voor het ondersteunen van de mijngangen. Dat waarschuwde je bij instortingsgevaar door te gaan kreunen en kraken. Later werd dit naalddhout op grote schaal vervangen door hydraulische systemen gevuld met een synthetische olie die ideaal leek voor gebruik onder de grond. Deze olie bestond voor de helft uit PCB's (polychloorbifenylen), een mengsel van tientallen organische verbindingen. Als gunstige eigenschap hebben deze dat ze olieachtig maar slecht brandbaar zijn, zelfs bij hoge temperaturen. Daarom dus zeer geschikt voor gebruik in hydraulische stempels, boren en schrapers, als koelvloeistof in transformatoren en in condensatoren van onder andere tweearmige TL-armaturen (Tweede kamer, 1985). Maar ze hebben als zeer ongunstige eigenschap dat ze zeer giftig (onder andere zwaar kankerverwekkend) zijn voor zoogdieren en dus ook voor de mens. Deze wetenschap was niet of onvoldoende bekend toen men met genoemde toepassingen begon. In de jaren tachtig leidde deze kennis echter wel tot een totaal verbod op het gebruik van PCB-oliën. "Gelukkig" werd er een vervangende olie uitgevonden waarvan men dacht dat deze wel de gunstige eigenschappen bezat zoals slecht brandbaar en niet kankerverwekkend, een product dat Ugilec werd genoemd. Dit werd na het verbod van PCB's als vervanger in de Duitse mijnen ingezet; aanvankelijk met de naïeve benadering dat dit rustig met het bronneringswater geloosd kon worden. Echter in het midden van de jaren tachtig bleek dat de eigenschappen van Ugilec weliswaar anders waren, maar net zo erg. Nederland heeft toen zelfs deze stoffen niet eens toegelaten op de markt en direct een verbod geformuleerd. Duitsland heeft toen ingesteld dat het bronneringswater van de Untertagebergbau slechts na een zuiveringsstap in een bezinkinrichting op het oppervlaktewater geloosd mocht worden.

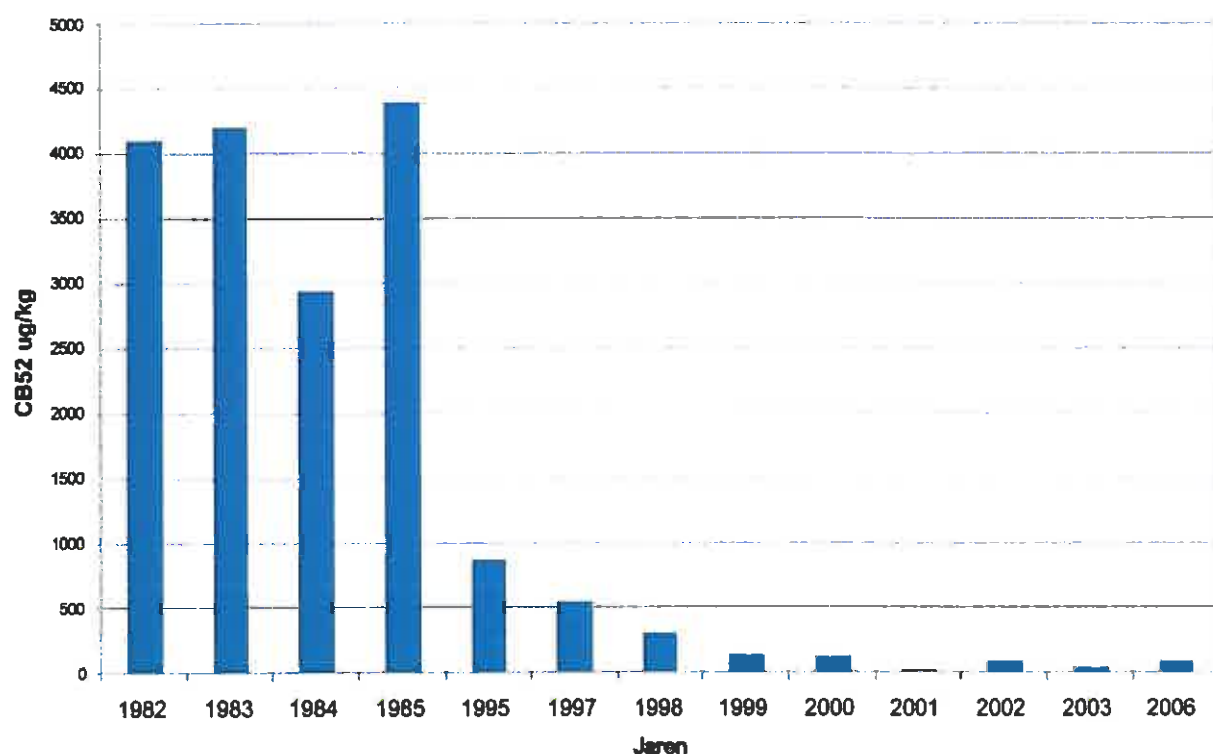
Dat heeft nog tot eind jaren negentig geduurd en toen zijn de zwarte kolenmijnen in het stroomgebied van de Roer definitief gesloten en de lozingen gestaakt.

Helaas had de verontreiniging van het water met deze PCB's ook tot gevolg dat de waterbodem van de Roer met deze stoffen, die zich graag hechten aan vaste, bezinkbare deeltjes, werd verontreinigd. Via de belangrijkste visvoedselorganismen, zoals de macro-evertebraten (vlokreeften, eendagsvliegen, libellenlarven, muggenlarven), die op en in de bodem leven, kwamen veel van deze PCB's in de voedselketen terecht en hoopten deze zich op in het vetweefsel van vissen. Hiernaar is veel onderzoek gedaan door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (het RIVO) en daaruit blijkt wel dat palingen in de Roer in de jaren 80

een soort PCB-bommetjes waren en dat deze situatie sedertdien sterk verbeterd is. De Paling in de Roer bevatte eind jaren tachtig gehalten voor deze 7 PCB's in de orde grootte van 30.000 - 50.000 µg/kg vet. Dit is inmiddels gedaald naar 8.000 -10.000 µg/kg vet (zie Pieters, et al., 2004). PCB's zijn altijd een mengsel van meerdere verbindingen aangeduid met een nummer. Het representatieve gehalte werd dan uitgedrukt als de som van de PCB's met de nummers CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153, CB180. Hierbij mag men ervan uitgaan dat de CB's met de lagere nummers het meest vluchtig zijn en het snelst uit het sediment verdwijnen (Pieters et al., 2004).

Op basis van de onderzoeken door het RIVO (Kerkhof et al., 1986; De Boer et al., 1996, 1998, 1999, 2000; Pieters et al., 2001, 2002, 2003, 2004) kan goed worden geïllustreerd dat de gehalten aan PCB's in het bodemsediment en daarmee ook die in de paling flink aan het afnemen zijn. Vooral de lagere varianten worden tegenwoordig nauwelijks nog aangetroffen, zoals uit Figuur 6 blijkt voor CB52 (gebaseerd op genoemde RIVO rapporten).

Tegenwoordig wordt de consumeerbaarheid van vis bepaald aan de hand van een index die wordt berekend op basis van de milieubezwaarlijke stoffen in het vet van de vis.

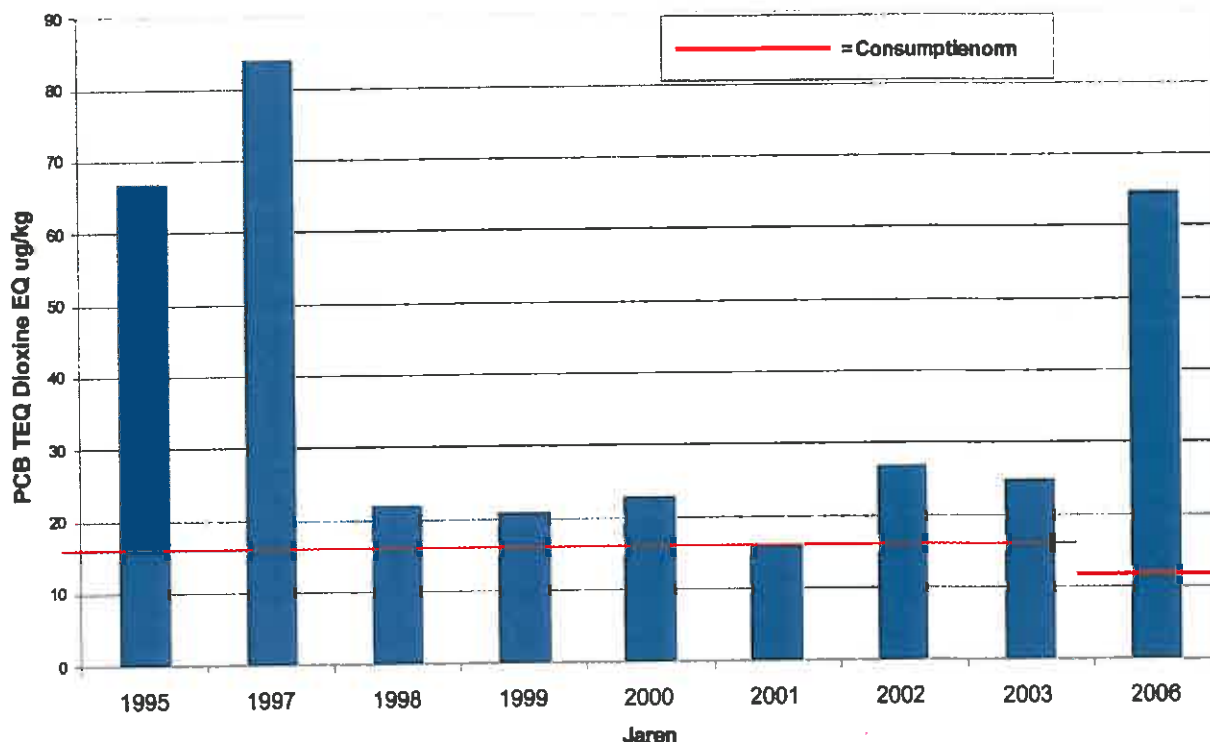


Figuur 6. Verloop van Polychlorobifenyyl CB52 in paling in de Roer tussen 1982 en 2006.

De consumptienorm voor de hogere variant CB153 van 100 µg/kg wordt in de Roer nog wel overschreden. Op basis hiervan kan de giftigheid van het PCB-gehalte worden berekend en uitgedrukt in dioxine-equivalenten (toxiciteitsequivalent, TEQ), waarvoor de norm tot 2005 16 ng/kg was en sedertdien 12 ng/kg. We zien in Figuur 7 dat deze norm wordt overschreden. Toch volgt hieruit niet dat de paling uit de Roer niet gegeten zou kunnen worden. Het RIVO-DLO zegt hierbij dat gezondheidsrisico's door PCB's op basis van de Warenwet alleen te verwachten zijn voor liefhebber consumenten van aal uit de sterker met PCB verontreinigde gebieden. (Pieters, et al, 2004).

Vrij vertaald betekent dit dat consumptie met name (af en toe een paling) uit deze gebieden geen kwaad kan.

De verontreinigde sedimenten en de weerslag daarvan in het vetgehalte van de organismen laten zien dat ook na het stopzetten van de verontreinigingsbronnen en de verbetering van



Figuur 7. Verloop van PCB-TEQ gebalten uitgedrukt in dioxine equivalenten op basis van CB153 in paling in de Roer van 1995-2006.

de waterkwaliteit, evenals die van de sedimentkwaliteit, het nog jaren kan duren voor de kwaliteit weer in orde is.

Door de verontreinigingen uit het verleden, met name als gevolg van de industriële activiteiten in het bovenliggende stroomgebied, en door de overstromingen van de oevers in het Roerdal, kwamen deze verontreinigingen ook terecht in het stroomdal zelf. Daarmee ook in de bodem die normaal als weiland en bouwland wordt gebruikt evenals in de nog met de rivier verbonden en de afgesneden oude meanders van de Roer. Waterpartijen die nu vaak als visvijver of natuurgebied fungeren.

Om te onderzoeken hoe het met de kwaliteit van deze oude meanders is gesteld, is door het waterschap in 2004 de kwaliteit van het Roerdal en het sediment in de oude meanders onderzocht. Uit dit onderzoek bleek dat de bodem van het Roerdal, daar waar langjarig, regelmatig overstroming en slibafzetting hebben plaatsgevonden, het sediment belast is met verontreinigingen. Hierbij spelen met name stoffen die niet worden afgebroken een rol. Dit zijn zware metalen als zink, koper en cadmium. De verwachting dat hierbij ook PCB's een rol zouden kunnen spelen, is niet juist gebleken. Die zijn in de loop der jaren door het milieu afgebroken en verwijderd. Er is derhalve sprake van een verhoogd gehalte

van diverse stoffen in de bodem van het Roerdal, maar deze gehalten zijn niet zodanig verhoogd dat er gesaneerd hoeft te worden. Dit is wel het geval in de stroomgebieden van de Dommel en de Tungelroysche beek, waar een grootschalige verontreiniging met zink en cadmium ten gevolge van de zinkindustrie moet worden gesaneerd. Dat het Roerdal overal een vergelijkbare lichte verhoging van de gehalten van deze stoffen vertoont, betekent ook dat bij het opknappen van de oude Roermeanders, het vrijkomende baggermateriaal niet hoeft te worden afgevoerd en tegen zeer hoge kosten gereinigd. Het kan worden verwerkt in het Roerdal zelf. Dit past dan binnen het zogenoemde Actief Bodembeheer Roerdal, een beleidsvisie van waterschap, gemeenten en provincie waarin nauwgezet is beschreven hoe in deze situatie met de verontreinigingen omgegaan moet worden.

Hydromorfologie

De Roer behoort tot de meest fraaie vrij meanderende beken/riviertjes van Nederland. Dat komt doordat de oevers slechts in beperkte mate zijn vastgelegd in het verleden. Langs diverse trajecten is de oeverzone nog goed begroeid met de karakteristieke, beekbegeleidende vegetatie en periodiek treden grote fluctuaties in de afvoer op, ondanks het feit dat in de bovenloop, met name in de zomer, de afvoer wordt gereguleerd door de daar liggende stuwweren.

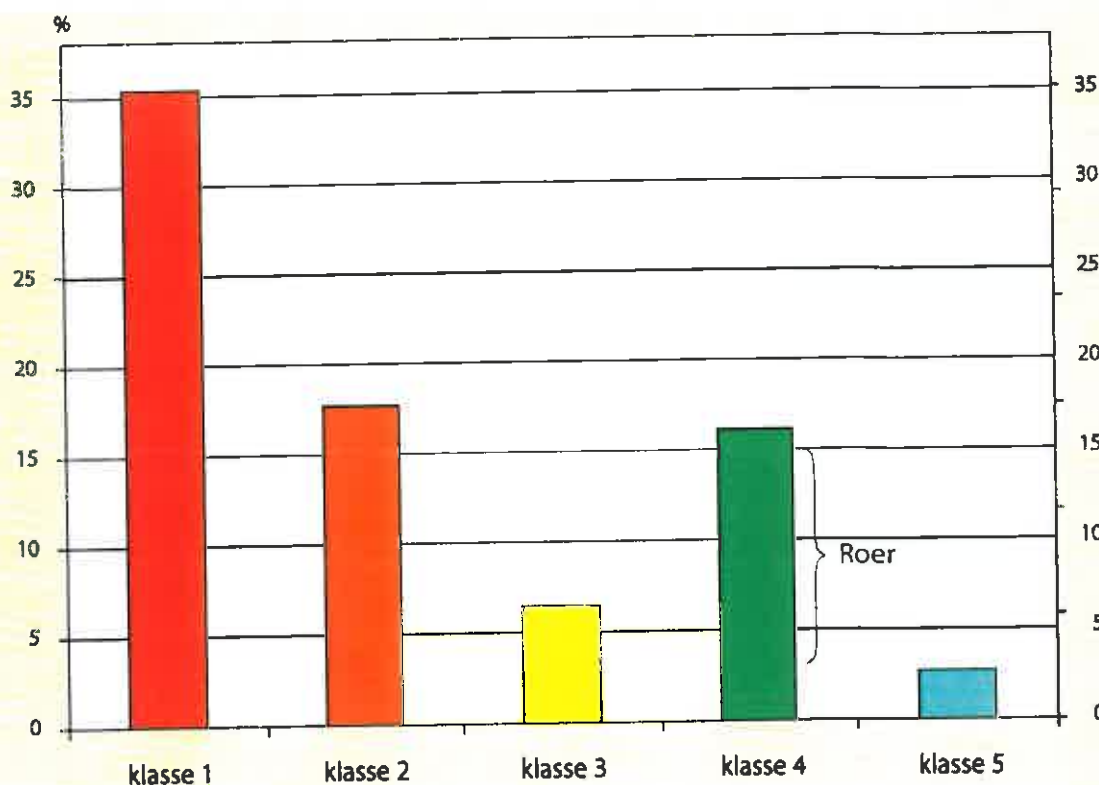
Het waterschap heeft in 1999 met behulp van een in Nordrhein-Westfalen gebruikelijke methodiek voor het vaststellen van de "Gewässerstrukturgüte" (LUA NRW, 1998) in kaart gebracht hoe het ervoor staat met de hydromorfologie van de Zuid-Limburgse beken. Daartoe is van 420 km beek per traject van 100 m lengte een opname gemaakt aan de hand van een groot aantal kenmerken die betrekking hebben op de mate van (on)gestoordheid van de oevers, de bedding, de stroming, de vegetatie, etc. (Figuur 8). Het resultaat van deze inventarisatie is omgezet in een hydromorfologisch oordeel in de vorm van een index. Alle beektrajecten zijn daarmee ingedeeld in een van de vijf beschikbare klassen. In deze systematiek

staat klasse 1 voor een zeer slechte hydromorfologie, terwijl klasse 5 voor een uitstekend, natuurlijk dynamisch, systeem staat.

Alle trajecten van de Roer zijn ingedeeld in klasse 4, hetgeen betekent dat hier en daar nog wel wat te verbeteren valt. Bijvoorbeeld door het verwijderen van bestorte oevers, het laten liggen van omgevallen bomen en meer ruimte geven aan meandering. Maar in grote lijnen zit het wel goed met de hydromorfologie van de Nederlandse Roer.



De Roer tussen Vlodrop en Herkenbosch, vrij meanderend, dynamisch met verse steilwanden voor ijsvogel en oeverwaluw. (foto: Harry Tolkamp)



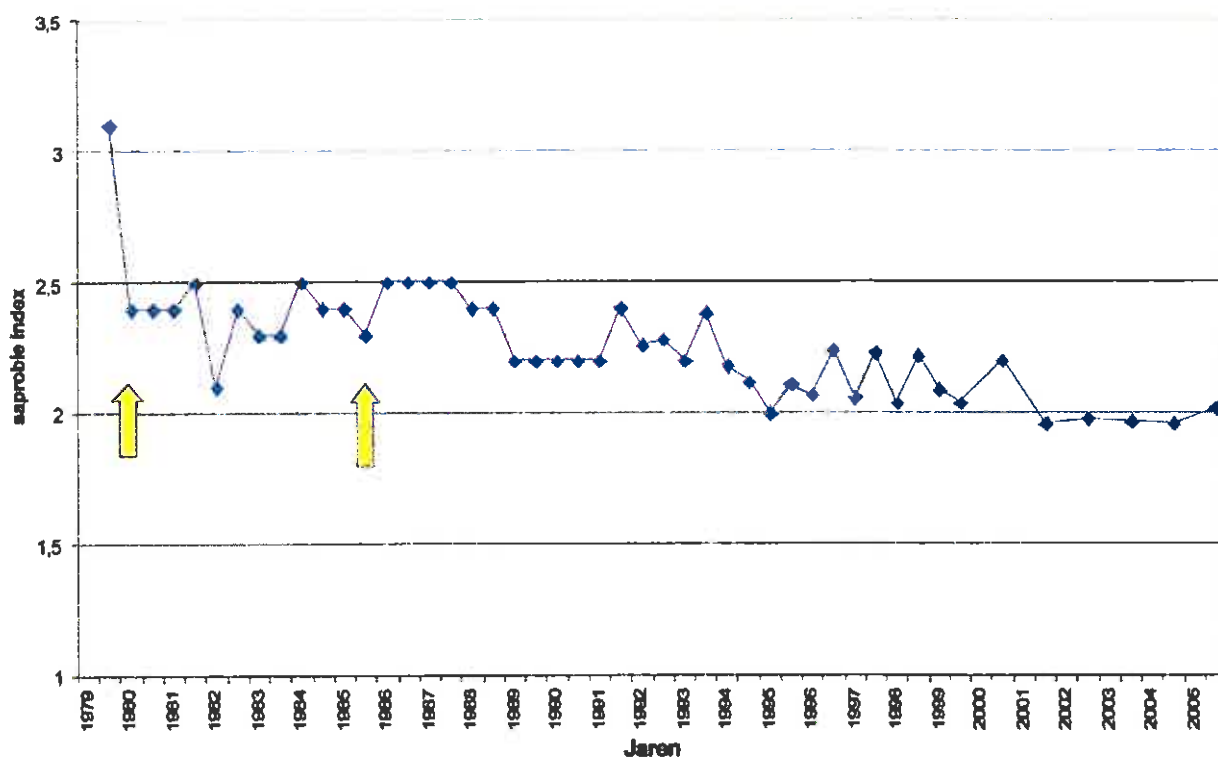
Figuur 8. Hydromorfologische beoordeling van in totaal 134 km beek in het stroomgebied van de Roer en de Vlootbeek, beoordeeld per traject van 100 m lengte. De Roer wordt over de gehele 18 km lengte beoordeeld met klasse 4. De klassen 4 en 5 zijn binnen deze stroomgebieden verder vrijwel geheel beperkt tot de Bosbeek en de Rodebeek. De Middelsgraaf, Vlootbeek, Putbeek en Maasnielderbeek, en de meeste kleine zijbeekjes worden ingedeeld in klasse 1-3, op enkele incidentele trajecten na. (klassen 1 = zeer slecht; 2 = slecht; 3 = matig; 4 = goed; 5 = zeer goed)

Inmiddels zijn er in andere beeksystemen in het beheersgebied van het waterschap al tientallen kilometers uit de eerste drie “Gewässerstrukturgüte-klassen” hersteld en opnieuw ingericht als natuurlijke beek. Het waterschap heeft zich voor de komende jaren tot taak gesteld nog ruim 130 km beek te herstellen, naast ruim 100 km kleinschalige herstelmaatregelen in de landinrichtingen Mergelland Oost en Centraal Plateau in Zuid Limburg.

Ontwikkeling van de biologische kwaliteit

De geschetste ontwikkeling in positieve zin van de fysisch-chemische waterkwaliteit was uiteraard direct merkbaar voor de mensen. Het water was steeds minder (vaak) zwart gekleurd, het werd steeds helderder en - misschien wel het meest merkbaar - de geur werd beter. Of nog duidelijker, het water stonk niet meer. Grote schuimbergen komen de laatste tientallen jaren al vrijwel niet meer voor, hoewel schuim op de Roer incidenteel nog steeds wordt gemeld. Zelfs in 2007 waren er meldingen over een hardnekkig soort schuim op de Roer dat zich vormde benedenstrooms van de balgstuw bij Harrem en bleef bestaan tot bij de Rode Brug en de uitmonding in de Maas. Het waterschap heeft naar aanleiding van die meldingen uitgebreid gezocht naar eventuele lozingen, werkende overstorten, bijzondere stoffen in het water, etc., maar niets afwijkends kunnen vinden. De verklaring is gebleven bij de constatering dat er op die momenten kennelijk een stof in de Roer aanwezig was die, door het grote verval bij de balgstuw, de oppervlaktespanning verlaagt en schuimvorming geeft. Mogelijk zijn van nature aanwezige humuszuren of stuifmeel de oorzaak geweest.

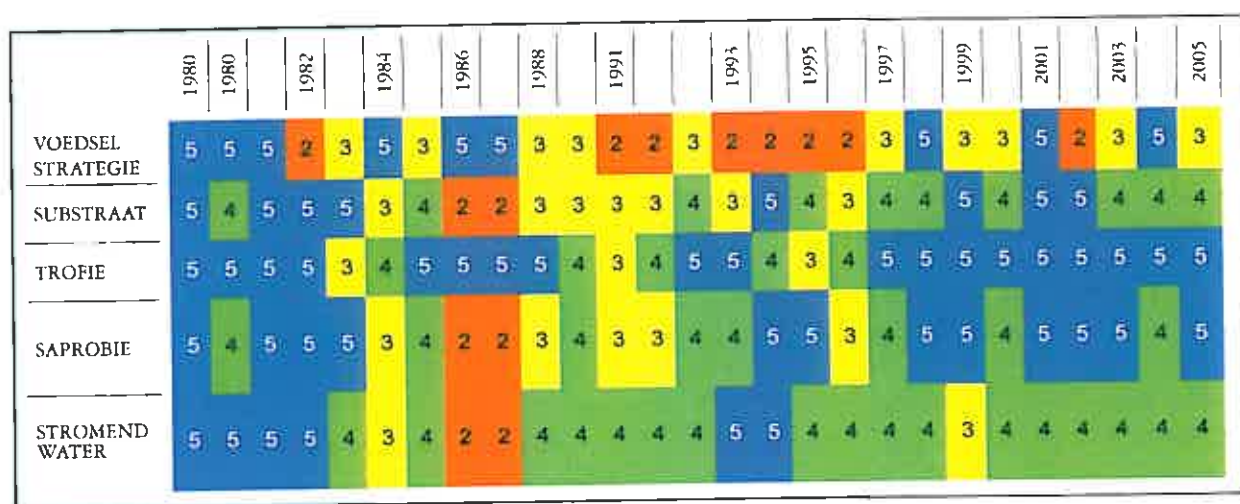
De verbeterde waterkwaliteit van de Roer uit zich niet alleen in de daling van de gehalten van allerlei stoffen, het is ook duidelijk merkbaar aan de veranderende levensgemeenschappen van planten en dieren. Wanneer de waterkwaliteit sterk wordt beïnvloed door ongezuiverde lozingen van afvalwater is er een praktische biologische index, de zogenaamde Saprobie-index, als maat voor de belasting met organische, onder zuurstofverbruik, afbreekbare stoffen. Deze index wordt al sinds het begin van de twintigste eeuw toegepast om de waterkwaliteit te beoordelen aan de hand van de macro-evertebraten (meestal macrofauna genoemd). Dat zijn de met het blote oog zichtbare, ongewervelde waterbewoners die hun hele leven (de echte waterdieren) of een groot deel daarvan (meestal insecten) in het water doorbrengen. We hebben het dan over (plat)wormen, slakken, bloedzuigers, kevers, libellen, eendagsvliegen, steenvliegen, kokerjuffers, wantsen, vlokreeften, waterpissebedden en rivierkreeften. De oudere lezers onder u herinneren zich nog wel dat er vroeger in de wat vuilere beken werd gevist naar "vers de vase" ofwel een mengsel van rode muggenlarven en rode wormen (tubifex). Dieren die in en op de modderbodems leven en het als enige in het vrijwel zuurstofloze water nog kunnen uithouden. Dat komt omdat ze, net als mensen, ijzerhoudend bloed hebben, waardoor zuurstof beter wordt gebonden. "Vers de vase" mocht dan populair zijn bij vissers, het betekende wel dat het betreffende milieu sterk vervuild was en aan een schoonmaakbeurt toe was.



Figuur 9. Verloop van de organische belasting van het water van de Roer uitgedrukt in de saprobie-index op basis van de macro-evertebraten.

De sanering van de lozingen en het transport van het afvalwater naar de rioolwaterzuiveringsinstallaties heeft de "vers de vase"- handel om zeep geholpen, maar daar tegenover staat dat in de beken en rivieren nu weer volop leven voorkomt dat past bij het gewenste, meer of

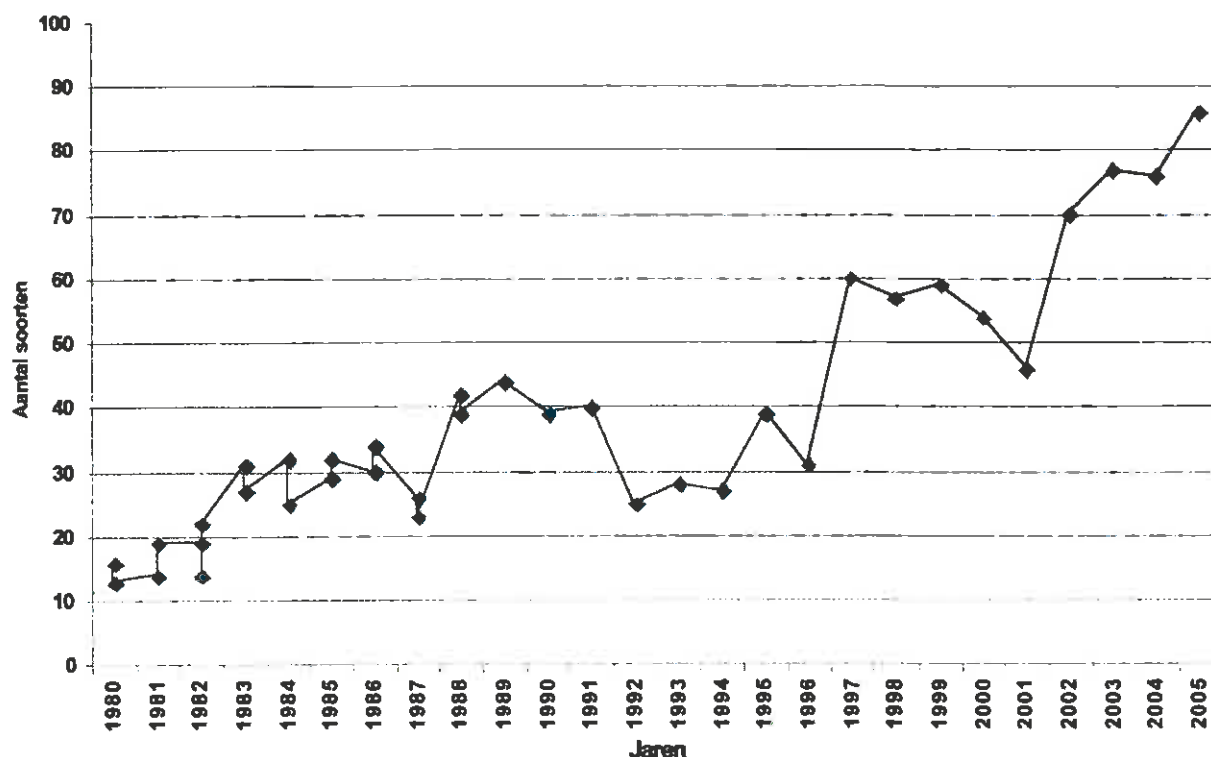
minder natuurlijke, ongestoorde milieu. Bekijken we (Figuur 9) de ontwikkeling van deze saprobie-index (die loopt van 1,0 in zeer voedselarme bergbeekjes, tot 4,0 in de zwaarst verontreinigde laaglandbeken/rivieren) dan zien we dat de Roer eind zeventiger jaren nog een zeer hoge indexwaarde scoort, boven de 3. Dit betekent dat de levensgemeenschap vooral bestond uit voor organische verontreiniging ongevoelige soorten, zoals insectenlarven die hun zuurstof uit de lucht halen in plaats van uit het water (steekmuglarven, rattenstaartlarven en dergelijke). We zien ook dat de index in de loop der jaren daalt naar een stabiele waarde rond de 2. Dat is het niveau dat hoort bij een vrijwel onbelast systeem van de omvang van de Roer. Een goed teken, zeker nu ook de schommelingen die eind jaren negentig nog bestonden zijn verdwenen. In de grafiek zijn twee pijlen geplaatst; een bij 1980 toen de eerste spectaculaire verbetering zichtbaar werd door de saneringen van de ongezuiverde lozingen in Duitsland en de tweede pijl midden jaren tachtig toen er een kleine terugval optrad, die na een aantal jaren werd gevolgd door een verdere verbetering. Dit hing samen met voortschrijdende aanleg van rioleringen in het stroomgebied en daarmee het verzame-



Figuur 10. Kwaliteitsontwikkeling van de Roer uitgedrukt in de 5 kwaliteitselementen van Ebeoswa, het ecologisch beoordelingsstelsel voor stromend water op basis van de macrofauna. (Stowa, 1992)

len van het afvalwater op de plaatsen waar tegelijkertijd de rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) werden gebouwd. Echter, zolang de rwzi's niet gereed waren moest het verzamelde afvalwater nog ongezuiverd worden geloosd, hetgeen tijdelijk een zwaardere belasting van de rivier gaf. Dat kwam omdat ook afvalwater dat voorheen meer diffuus in het gebied bleef en na een korter of langer transport via zijbeekjes of in het geheel niet (als het infiltreerde), nu rechtstreeks werd geloosd. Dat gaf tijdelijk een verslechtering van de kwaliteit, die ook in de levensgemeenschap en in de saprobie-index tot uiting komt.

Naast deze saprobie-indicator gebruiken we tegenwoordig meer gecompliceerde beoordelingsmethodieken, die rekening houden met de complexiteit van de levensgemeenschappen. We kijken ook naar de structuur van de soortenverdeling. Is er balans tussen de soorten die plantaardig voedsel eten, zowel dode bladeren en hout als algen en waterplanten? Is er balans tussen planteneters en rovers? Hoe weerspiegelt de levensgemeenschap de toestand van de bodem (het substraat), is die afwisselend en gevarieerd en divers met zand en grind en modder en planten, of eenvormig



Figuur 11. Verloop van het aantal soorten/taxa aangetroffen per macrofaunamonster in de Roer bij de grens in de jaren 1980 - 2005.

met uitsluitend klei of modder? Hoe zijn de stromingscondities in het onderzochte water en hoe reageert de levensgemeenschap hierop? Dit wordt tezamen gebracht in de zogenaamde Ebeoswa-scores, die zijn gepresenteerd in Figuur 10. De gebruikte klassen en kleuren sluiten aan bij de meestal gekozen indeling (klasse 1 is zeer slecht en wordt rood gekleurd, klasse 5 is zeer goed en wordt blauw gepresenteerd). We zien weer duidelijk de dip in de kwaliteit (maar door de ogen van de macrofauna) in het midden van de jaren tachtig, maar ook de verbetering eind jaren negentig. Deze zet zich voort ofschoon de verhouding tussen de groepen dieren met een verschillende voedselstrategie nog niet optimaal lijkt te zijn. Anderzijds is de laatste jaren het aantal soorten macrofauna spectaculair toegenomen zoals uit Figuur 11 moge blijken.

Het aantal soorten per bemonstering is van 1980 tot in 2006 gestegen van 16 naar 86. Een stijging die niet gladjes verloopt, maar die uiteraard de vestigingsmogelijkheden en de verspreidingsmechanismen van de waterbewonende en vliegende stadia van deze dieren weerspiegelt. Tot de soorten die typisch bij het systeem van de Roer behoren en die de laatste jaren weer tot de vaste bewoners mogen worden gerekend



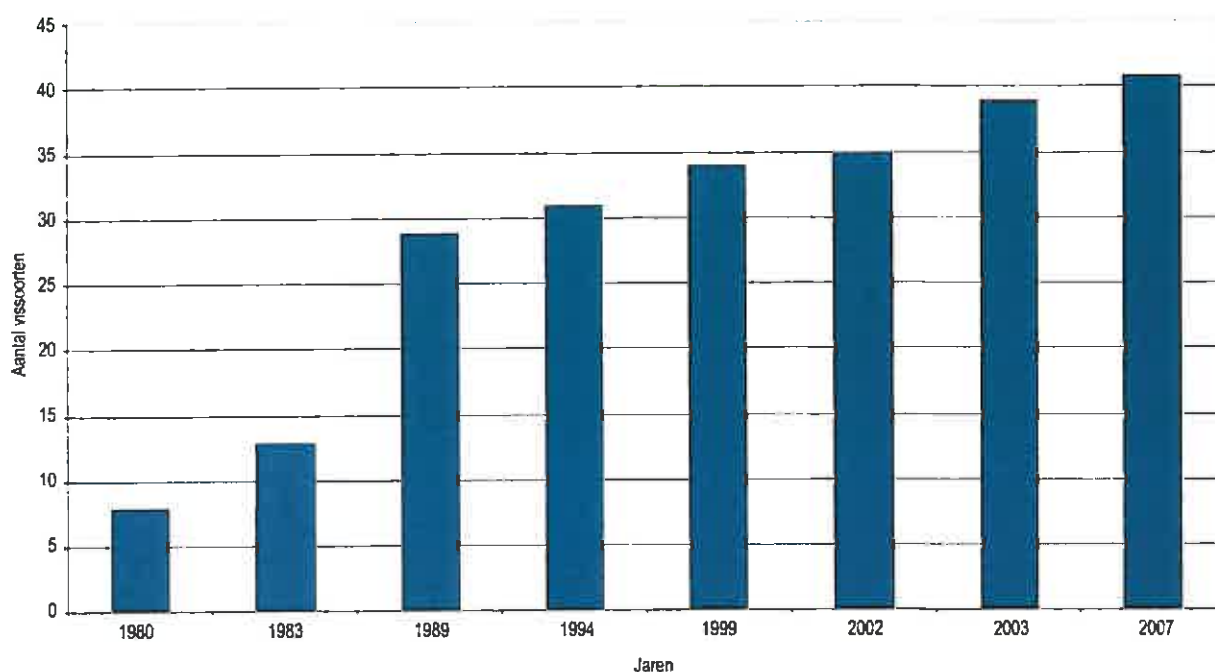
De Mosselwants (*Aphelocheirus aestivalis*) wordt door de verbeterde waterkwaliteit weer in de Roer aangetroffen sinds 1992. (foto: Bert Pex, WRO)

behoort onder andere de Mosselwants (Foto C), maar ook vele soorten eendagsvliegen, steenvliegen, libellen en schietmotten (kokerjuffers).

Vissen

Het herstel van de visfauna van de Roer mag zeker een aparte vermelding krijgen.

Begin jaren tachtig zat de paling in de Roer nog vol met PCB's en de auteur werd verteld dat er in de Worm eigenlijk geen vis voorkwam. En als er al eens een vis werd gevangen, zat deze vol gezwollen en parasieten. En dat was geen visserslatijn. Dat werd wel bevestigd door de overige kwaliteitsdata. Toch werd eind jaren zeventig door Wiel Muyres, de visserij-



Figuur 12. Het aantal vissoorten (cumulatief) dat per inventarisatie werd aangetroffen in de Roer op basis van Tabel 1. De vistrap in de Groene overlaat naar de Hambeek kwam eind 1982 gereed.

kundig ambtenaar voor Limburg in die tijd, een vistrap ontworpen met een serie V-vormige bekkens achter elkaar. Die werd gebouwd in de groene overlaat bij Hattem en mondde uit in de Hambeek, de zuidelijke afslagtak van de Roer, omdat de stedelijke Roer de stroom bij hoge afvoeren niet aankon. Eind 1982 werd deze bekkentrap opgeleverd en uiteraard was iedereen reuze benieuwd of hierdoor de stroomopwaartse verbinding van de Roer met de Maas weer enigszins tot stand zou kunnen komen.

De OVB (de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, inmiddels opgegaan in Sportvisserij NL) verrichtte een visstandbemonstering in 1980 en ving slechts 8 vissoorten. Dit laatste aantal is waarschijnlijk een onderschatting van het werkelijk aantal soorten. Enkele jaren later (in 1989), de vistrap was al weer een jaar of 7 aanwezig, vond er een hernieuwde bemonstering plaats en werden er al 29 vissoorten aangetroffen. De verbetering van het Roersysteem in Duitsland, door voortschrijdende herinrichting van de vastgelegde bedding, de stroomafwaartse migratie van

vissen uit Duitsland, de uitzetting van vis in Duitsland dragen natuurlijk ook bij aan dit rijke soortenbestand. Dit aantal is sedertdien alleen maar toegenomen en in 2007 is het cumulatieve aantal gestegen tot tenminste 41 vissoorten, zoals ook uit Tabel 1 en Figuur 12 blijkt. Daarbij zijn Spiegelkarper en Schubkarper niet apart meegeteld. En ook niet meegeteld zijn de duidelijk van uitzettingen vanuit kweek aanwezige soorten als Zilverkarper, Goudwinde en de Roofblei. Verder zijn niet apart geteld de larven van de prikken (de Ammocoetlarven), omdat daaraan niet te zien is of het rivier- of beekprik is. Wel meegeteld zijn de exotische (zogenaamde invasieve) soorten Blauwband en Zonnebaars. Deze treffen we tegenwoordig steeds vaker aan, ook in de Roer. Met name de Zonnebaars wordt helaas vaker uitgezet door waarschijnlijk goed bedoelende, maar niet nadenkende, aquariumbezitters die hun have kwijt willen. De toename van het aantal in de Roer aangetroffen soorten is daarmee toch wel zeer bijzonder te noemen. Dit kan toegeschreven worden aan de combinatie van de verbetering van de waterkwaliteit en de toegenomen doorgankelijkheid van de rivier bij de stuwen.

Bijzonder is overigens het aantreffen van de Gestippelde alver in de hengelvangstregistraties van 2002. Deze soort was lange tijd uit Nederland verdwenen en werd eerst in 1995 door de Vissenwerkgroep van het NHGL weer gevonden, toen in de Maasmonding van de Geul. Recent meldde Thijs Belgers (mondelinge mededeling) dat de Gestippelde alver ook weer in de (monding van de) Worm werd gevangen. Crombaghs et al. (2000) meldden dat deze soort daar vroeger ook voorkwam.

Ondanks deze goede visstand, de meest soortenrijke voor een kleine rivier van dit type in Nederland en het kennelijk functioneren van de vistrap in de Groene overlaat, werd begin van de eenentwintigste eeuw geconstateerd dat de vistrap voor met name de kleinere vissoorten onvoldoende goed functioneerde. In een aantal bekkens was bij tijd en wijle de stroomsnelheid te hoog en waren er te weinig rust- en schuilmogelijkheden. Daarom is in 2007 de bekkentrap verwijderd en vervangen door een Raugerinne-Beckenpass volgens Duits ontwerp (MUN-LV, Handbuch Querbauwerke, 2005). Een vistrap die je Menhir-vistrap zou kunnen noemen vanwege de staande steenblokken, die zo zijn geplaatst dat er voor de visjes voldoende schuil- en rustmogelijkheden zijn en het debiet over de vistrap niet al te veel water vergt. Begin 2008 is deze vistrap in gebruik genomen, tegelijk met de vistrap bij de ECI-centrale die ook werd gebouwd met behulp van een belangrijke subsidie in het kader van Life-Natura 2000.



Zeeforel (*Salmo trutta trutta*) (foto: H.J. Jochims)



Atlantische zalm (*Salmo salar*) (foto: T. Belgers)

Helaas was het nodig om de Roer in Roermond in 2007 vrijwel het gehele jaar afgesloten te houden en het water grotendeels over de Hambeek te leiden. Daarmee heeft de migratie op een zeer laag pitje gestaan. Wij hebben er echter vertrouwen in dat de voordelen voor de vismigratie zo groot zijn dat binnen de kortste keren de nadelen zijn gecompenseerd. Zowel in de Groene overlaat als bij de ECI-centrale zijn voorzieningen getroffen om de vismigratie te volgen en vissen te vangen, te meten en te determineren, zodat we ook kunnen volgen of een en ander naar verwachting werkt of nog bijgesteld moet worden.

Nu in december 2007 ook het belangrijkste grote obstakel in de bovenloop van de Roer, de stuwdam bij Obermaubach, passeerbaar is gemaakt met een vistrap is de bereikbaarheid voor trekvis van het paaigebied in de Kall weer een stap dichterbij gekomen. Wanneer in de komende jaren ook de resterende, kleinere obstakels door het Wasserverband Eifel Rur worden aangepakt, kan er vol vertrouwen worden uitgekeken naar een herstellende Roerpopulatie van Zeeforel en wie weet zelfs Atlantische zalm.

In de gepresenteerde soortenlijst komt u op dit moment slechts de Rivierdonderpad tegen (*C. perifretum*), terwijl het zeker is dat ook de recent tijdens een bevissing voor het waterschap ontdekte Beekdonderpad (*C. rhenanus*) in de Roer voorkomt, maar niet in de benedenloop in Nederland. Waarschijnlijk heeft de Beekdonderpad de gehele Roer bevolkt, maar is deze door de oprukkende Rivierdonderpad verdrongen tot aan het eerste, niet voor deze kleine vissoorten passeerbare obstakel net over de grens in Duitsland. Zeker is dat de Beekdonderpad in het Duitse deel van de Roer, stroomopwaarts van Vlodrop, voorkomt (zie Crombaghs et al., 2007). Als dat zo is, stijgt het aantal soorten naar 42. Maar laten we intussen de massale terugkeer en stroomopwaartse migratie van de Zeeforel en de Atlantische zalm gaan waarnemen via het kijkvenster in de vistrap bij de ECI-centrale. U bent van harte welkom.

OVB: Organisatie voor Verbetering van de Binnenvisserij VBC: Visstandbeheercommissie Roer VW: Vissenwerkgroep Natuurhistorisch Genootschap Limburg SVO: Stg. Visserijonderzoek en diverse personen WRO: Waterschap Roer en Overmaas		OVB	OVB	VBC	OVB	VW	VBC	OVB/SVO+	WRO	TOTAAL
Vissoorten		1980	1983	1989	1993/94	1990-99	2001/02	2003	2007	
Alburnus alburnus	Alver		0	0	0	0	0	0	0	0
Perca fluviatilis	Baars	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbus barbus	Barbeel			0	0	0	0	0	0	0
Cottus rhenanus	Beekdonderpad								0	0
Salmo trutta fario	Beekforel	0		0	0	0	0	0		0
Lampetra planeri	Beekprik				0					0
Barbatula barbatulus	Bermpje			0	0	0		0		0
Rhodeus sericeus	Bittervoorn			0		0		0		0
Rutilus rutilus	Blankvoorn	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudorasbora parva	Blauwband					e		e		e
Abramis brama	Brasem	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gasterosteus aculeatus	Driedoornige stekelbaars			0	0	0		0		0
Phoxinus phoxinus	Elrits							0		0
Silurus glanis	Europese meerval					0	0	0	0	0
Carassius gibelio	Giebel	0		0	0	0		0	0	0
Alburnoides bipunctatus	Gestippelde Alver						0			0
Misgurnus fossilis	Grote modderkruiper			0		0				0
Cyprinus carpio	Karper	0	0	0		0	0	0		0
Abramis bjoerkna	Kolblei		0	0	0	0	0	0	0	0
Leuciscus cephalus	Kopvoorn			0	0	0	0	0	0	0
Lota lota	Kwabaal							0		0
Anguilla anguilla	Paling	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnocephalus cernuus	Pos		0	0		0	0	0	0	0
Oncorhynchus mykiss	Regenboogforel			0		0	0			0
Rutilus erythrophthalmus	Rietvoorn/Ruisvoorn		0	0	0	0	0	0	0	0
Cottus perifretum	Rivierdonderpad				0	0		0	0	0
Gobio gobio	Riviergrondel		0	0	0	0	0	0	0	0
Lampetra fluviatilis	Rivierprik			0		0		0	0	0
Leuciscus leuciscus	Serpeling			0	0	0	0	0	0	0
Chondrostoma nasus	Sneep			0	0	0	0	0	0	0
Esox lucius	Snoek	0	0	0	0	0	0	0		0
Stizostedion lucioperca	Snoekbaars			0		0	0	0	0	0
Pungitius pungitius	Tienddoornige stekelbaars					0		0	0	0
Leucaspis delineatus	Verje			0	0	0		0		0
Thymallus thymallus	Vlagzalm			0	0	0	0	0		0
Leuciscus idus	Winde			0	0	0	0	0	0	0
Salmo salar	Zalm							0		0
Salmo trutta trutta	Zeeforel			0		0	0			0
Tinca tinca	Zeelt			0	0	0		0	0	0
Petromyzon marinus	Zee-prik								0	0
Lepomis gibbosus	Zonnebaars							e		e
ammocoetlarven	Rivier-/Beekprik							0		
Leuciscus idus	Goudwinde			u					u	u
Aspius aspius	Roofblei			u				u		u
Hypophthalmichthys molitrix	Zilverkarper			u						u
	Totaal aantal zonder u	8	11	29	23	33	23	34	23	41
	Cumulatief zonder u	8	13	29	31	34	35	39	41	41

Tabel 1. Resultaat bevissingen door diverse instanties van 1980-2007. Aanwezigheid is aangeduid met 0. Soorten die waarschijnlijk zijn uitgezet met u. Exotische soorten met e.

Literatuur

- 1 Droste, P.J., 'Wasserbau und Wassermühlen an der mittleren Rur'. Voordracht Europese Rurkonferenz, Heimbach, 13 november 2007, Natur- und Umweltschutzakademie-NRW (2007).
- 2 Kerkhof, M., J. de Boer, A. de Vries, P. Otte, D. Warnaar & P. Masereeuw, 'De PCB verontreiniging van rode aal: trends in chloorbifenylylgehalten (1977 – 1985)'. RIVO rapport, MO 86-01, pp.14+bijl. (1986).
- 3 De Boer, J., H. Pieters & Q.T. Dao, 'Verontreinigingen in aal: monitorprogramma ten behoeve van de Nederlandse sportvisserij 1995'. RIVO-DLO rapport C026/96. (1996).
- 4 De Boer, J., H. Pieters & M.M. de Wit, 'Verontreinigingen in aal: Monitorprogramma ten behoeve van de Nederlandse sportvisserij 1997'. RIVO-DLO rapport C049/98. (1998).
- 5 De Boer, J., H. Pieters & M.M. de Wit, 'Verontreinigingen in aal: monitorprogramma ten behoeve van de Nederlandse sportvisserij 1998'. RIVO-DLO rapport C036/99. (1999).
- 6 De Boer, J., H. Pieters & S. van Leeuwen, 'Verontreinigingen in aal: monitorprogramma ten behoeve van de Nederlandse sportvisserij 1999'. RIVO-DLO rapport C048/00. (2000).
- 7 Pieters, H., S.P.J. van Leeuwen & J. de Boer, 'Verontreinigingen in aal en snoekbaars: monitorprogramma ten behoeve van de Nederlandse sportvisserij 2000'. RIVO Rapport C964/01. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) B.V. (2001).
- 8 Pieters, H., S.P.J. van Leeuwen & J. de Boer., 'Verontreinigingen in aal en snoekbaars: monitorprogramma ten behoeve van de Nederlandse sportvisserij, 2001'. RIVO Rapport C047/02. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) B.V. (2002).
- 9 Pieters, H., S.P.J. van Leeuwen & J. de Boer., 'Verontreinigingen in aal en snoekbaars: monitorprogramma ten behoeve van de Nederlandse sportvisserij, 2002'. RIVO Rapport C078/03. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) B.V. (2003).
- 10 Pieters, H., S.P.J. van Leeuwen & J. de Boer. 'Verontreinigingen in aal en snoekbaars: monitorprogramma ten behoeve van de Nederlandse sportvisserij 2003'. RIVO Rapport C063/04. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) B.V. (2004).
- 11 Ministerium für Umweltschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV). 'Handbuch Querbauwerke'. (2005) , 213.
- 12 Tweede kamer der Staten-Generaal, Polichloorbifenylen (PCB's). Brief van de Minister van VROM van 5 maart 1985, 'Mededelingen Tweede Kamer vergaderjaar 1984-1985', 18893, nrs. 1-2, (1985), 38.
- 13 STOWA, 'Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer', Stowa rapport 92-07+08 (Utrecht, 1992), 58+86.
- 14 Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW), 'Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung. LUA NRW. Merkblätter nr. 14' (1998), 160.
- 15 Belgers, T. & T.Cox, 'De Visstand in de Roer: terug van weggeweest'. *Info, periodieke uitgave nr. 21 Federatie van Sporthengelaars Midden-Limburg* (1990), 44-50.
- 16 Wijmans P.A.D.M. & T.W.P.M. Aarts, 'Visstandbeheerplan en inrichtingsvisie Roer 2004-2014'. OVB i.o.v. Stichting Visstand Beheer Commissie Roerdal. Bijlage X1. (2004).
- 17 Vriese, F.T., G.A.J. de Laak & S.A.W. Jansen, 'Analyse van de visfauna in de Limburgse beken'. OVB, OVB-onderzoeksrapport 1994-13., (Nieuwegein, 1994), 88.
- 18 Gubbels, R., 'Bevissing Roer in 2007'. Ongepubliceerde data Waterschap Roer en Overmaas. (2007).
- 19 Crombaghs, B.H.J.M., R.W. Akkermans, R.E.M.B. Gubbels & G. Hoogerwerf, 'Vissen in Limburgse beken. De verspreiding en ecologie van vissen in stromende wateren in Limburg'. Natuurhistorisch Genootschap Limburg en Stichting Ravon, Stg. Natuurpublicaties Limburg, (Maastricht, 2000), 496.
- 20 Crombaghs, B.H.J.M., M. Dorenbosch, R.E.M.B. Gubbels & J. Kranenbarg, 'Nederlandse Rivierdonderpad uit de habitatrichtlijn bestaat uit twee soorten'. *De Levende Natuur* 108 (6), (2007), 248-251.