



Niels Evers, Royal Haskoning  
 Ronald Gylstra, Waterschap Rivierenland  
 Ton Ruigrok, Waterschap Rivierenland  
 Ton Schomaker, Royal Haskoning

# Regionale toepassing rekeninstrument EEE2 geeft beter overzicht van effecten KRW-maatregelen

**In 2008 is voor de Ex ante-evaluatie KRW een ecologisch kennisstelsel ontwikkeld: Expertsysteem Ecologische Effecten 2 (EEE2). Met dit rekeninstrument zijn de effecten van maatregelen op de ecologische kwaliteit te bepalen. Waterschap Rivierenland heeft het samen met Royal Haskoning voor het eerst regionaal toegepast. Het rekeninstrument blijkt goed toepasbaar te zijn op dit schaalniveau en de resultaten zijn zeer bruikbaar voor de komende actualisering van de stroomgebiedanalyse (2013) en het volgende stroomgebiedsbeheerplan (2015). De monitoring blijkt echter nog niet altijd voldoende aan te sluiten op de maatregelen en de huidige doelstellingen zijn nog niet altijd in overeenstemming met de geplande maatregelen.**

Waterschap Rivierenland heeft in 2008 voor zijn waterlichamen de KRW-doelen (het goed ecologisch potentieel<sup>(1),2)</sup>) vastgesteld en een pakket aan maatregelen om deze uiteindelijk in 2027 te halen. Hierbij was een deskundige beoordeling noodzakelijk, omdat meetgegevens over de huidige kwaliteitstoestand van de waterlichamen beperkt waren en

kwantitatieve gegevens over de effecten van maatregelen op de KRW-maatlatten nog ontbraken. Het waterschap is op zoek gegaan naar een methode om deze effecten van maatregelen beter én kwantitatief in beeld te kunnen brengen.

Royal Haskoning heeft voor de Ex ante-evaluatie KRW van het Planbureau voor de

Leefomgeving (PBL) een dergelijk rekeninstrument ontwikkeld: Expertsysteem Ecologische Effecten, waarvan inmiddels versie 2 beschikbaar is (zie kader). Dit rekeninstrument is daarbij gebruikt voor landelijke analyses naar de effecten van KRW-maatregelen op de ecologische kwaliteitsratio (EKR)<sup>(3),4),5),6),7)</sup>. Aan de hand van waarden voor stuurvariabelen voorspelt het EEE2 de bijbehorende ecologische kwaliteitsratio.

## Stappenplan

Bij Waterschap Rivierenland is het EEE2 voor het eerst regionaal ingezet (zie stappenplan in afbeelding 1). Allereerst wilden we nagaan of het landelijk ontwikkelde rekeninstrument toepasbaar is op deze schaal. Hiervoor hebben we de uitkomsten (voorspelde EKR's) vergeleken met de EKR-berekeningen op basis van recente monitoringsgegevens (stap 1). Een belangrijk neven doel van die toepassing was het krijgen van inzicht in de beschikbaarheid en het proces van ontsluiting van gegevens. Meer concreet: zijn binnen het waterschap de juiste gegevens te verkrijgen en sluit de monitoring aan op de maatlatten waarmee de EKR's worden bepaald. Het waterschap heeft de afgelopen drie jaar extra capaciteit ingezet om de kwaliteit en de beschikbaarheid van meet-

Het rekenhart van het EEE2 is een **neuraal netwerk**: een zelflerend systeem dat vanuit aangeboden combinaties van gegevens patronen als 'kennisregels' kan opslaan (geheugen) en reproduceren. Een neuraal netwerk wordt getraind met een door deskundigen vastgestelde uitgebalanceerde dataset. De reden om voor een neuraal netwerk als basis te kiezen, is dat veel ecologische wetmatigheden in globale zin weliswaar bekend zijn maar doorgaans weinig gekwantificeerd of moeilijk zijn te formaliseren in kennisregels. Daarnaast spelen vele factoren tegelijk een (versterkende of juist tegenwerkende) rol.

De **trainingsset** bestaat uit een combinatie van parameters. De stuurvariabelen vormen de basisparameters die de ecologische kwaliteitsratio's (EKR's) (doelparameters) van de vier biologische kwaliteitselementen bepalen. In de training is vervolgens in een groot aantal rekencycli de netwerkuitvoer als voorspelde EKR vergeleken met de doel-EKR (verkregen uit monitoring) van de dataset. Tijdens de training komt de voorspelde EKR door convergentie steeds dichterbij de doel-EKR te liggen, zodat uiteindelijk het beste netwerk overblijft. Het resultaat is een **getraind netwerk** dat is te gebruiken voor het doorrekenen van nieuwe sets aan stuurvariabelen. Bijvoorbeeld om het effect van geplande maatregelen op de ecologische waterkwaliteit te voorspellen of om scenario's van alternatieve maatregelpakketten door te rekenen. Het enige dat nodig is, is een vertaling van de maatregelen naar een nieuwe verzameling stuurvariabelen en het EEE2 kan dan zeer snel de bijbehorende EKR's produceren.



Afb. 1: Stappenplan.

gegevens te verbeteren. Dit heeft er onder andere toe geleid dat we in staat zijn een instrument als EEE2 te kunnen toepassen. Vervolgens hebben we de effecten van de geplande KRW-maatregelen berekend (stap 2). Hieruit volgt een verwacht doelbereik voor 2027 en dus de eventueel extra benodigde inspanning. Met het doorrekenen van alternatieve maatregel-scenario's is tot slot bepaald welke aanvullende maatregelen nog zinvol zouden zijn om de doelen voor de waterlichamen van Waterschap Rivierenland te bereiken (stap 3).

### Opbouwen dataset

Voor het toepassen van het EEE2 is een databank met waarden voor stuurvariabelen nodig. De 31 waterlichamen van Waterschap Rivierenland zijn hiertoe onderverdeeld in vier categorieën watertypen: kanalen (20), sloten (7), langzaam stromende beken (3) en ondiepe meren (1). Afhankelijk van de categorie is een specifieke set aan stuurvariabelen relevant<sup>6)</sup>. Deze zijn opgenomen in tabel 1.

Behalve de stuurvariabelen zijn voor de analyses ook de EKR's nodig. Meer specifiek: de EKR's van de huidige toestand zoals bepaald met monitoringsgegevens en het doel (GEP) voor de kwaliteitselementen (fytoplankton, overige waterflora, macrofauna en vissen).

Als eerste is de huidige toestand van de waterlichamen voor de stuurvariabelen en EKR's in kaart gebracht. Hiervoor

zijn meerdere bronnen geraadpleegd: KRW-portaal, Dawaco/ecologische databank, legger, gebiedskenners en de KRW-feitenoverzichten. De beschrijvingen van de maatregelen per waterlichaam zijn vervolgens gebruikt om de waarden voor de stuurvariabelen na uitvoering van deze maatregelen in te schatten. Voor de nutriënten zijn de uitkomsten van de PBL-berekeningen uit de Ex ante-evaluatie KRW<sup>(3),4),5)</sup> toegepast. Voor de overige parameters zijn aan de hand van deskundige beoordeling en relatieve omvang van de maatregelen de nieuwe waarden voor de stuurvariabelen bepaald.

Omdat het EEE2 werkt met een beperkt aantal parameters (stuurvariabelen), is relatief snel voor alle stuurvariabelen een waarde af te leiden. Het is echter wel lastig gebleken om alle benodigde gegevens voor de stuurvariabelen boven tafel te krijgen. In de eerste plaats omdat de benodigde gegevens verdeeld zijn over meerdere afdelingen, datasystemen en personen. Daarnaast is niet alles kwantitatief vastgelegd, waardoor gebiedskenners geraadpleegd moesten worden, met name bij het onderhoud en peilbeheer.

Tot slot maakt de heterogeniteit van de waterlichamen het lastig concrete waarden vast te stellen. Door dit alles is een pragmatische aanpak noodzakelijk, maar deze stap moet niet worden onderschat en is essentieel voor een goede toepassing van het EEE2 en andere systemen, zoals de KRW-Verkenner.

Als huidige situatie (volgens monitoring) wilde we in eerste instantie de EKR's gebruiken zoals deze zijn opgenomen in het KRW-portaal. Deze gegevens vertegenwoordigen de ecologische toestand tot en met 2008. De monitoring was toen echter vaak nog niet conform KRW of er was nog helemaal geen bemonstering beschikbaar van het betreffende kwaliteitselement (vooral bij vis). Daarom is besloten om voor alle waterlichamen nieuwe EKR's te bepalen met de recentste bemonsteringsgegevens (2009-2010).

### Vergelijking huidige EKR: voorspeld versus monitoring

Het EEE2 berekent gemiddeld een iets lagere ecologische kwaliteit dan uit de monitoring naar voren komt (zie tabel 2). Uitzonderingen zijn fytoplankton in de kanalen en het ondiepe meer, overige waterflora in de sloten en macrofauna in de beken die het EEE2 gelijk of iets hoger voorspelt dan uit de monitoring blijkt. Om de verschillen te kunnen verklaren, is het hele traject van het vaststellen van de waterlichamen tot de uitvoering van de monitoring en de toetsing geanalyseerd. In tabel 3 zijn de oorzaken van de gevonden afwijkingen weergegeven. De belangrijkste oorzaken hebben met de aansluiting van de monitoring op de maatlaten te maken. Dit probleem is deels aan de monitoring te wijten, maar de gevoeligheid van veel maatlaten voor monitoringinspanning is ook voor verbetering vatbaar. Op dit moment lopen hier al projecten voor, naar

Tabel 1: Relevante stuurvariabelen voor de hier onderzochte categorieën watertypen.

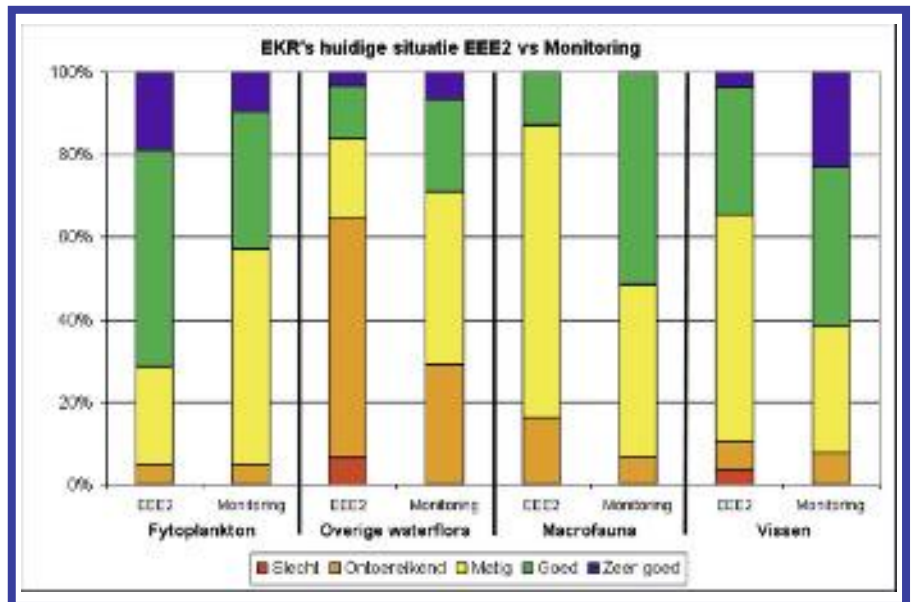
stuurvariabelen	aantal klassen/eenheid	watertypen
oeverinrichting	3	kanalen, sloten en ondiepe meren
peildynamiek	3	kanalen en sloten
onderhoud	2	kanalen en sloten
scheepvaart	2	kanalen
meandering	5	langzaam stromende beken
beschaduwing	3	langzaam stromende beken
verstuwung	3	langzaam stromende beken
totaal fosfor	zomergemiddelde in mg P/l	alle
totaal stikstof	zomergemiddelde in mg N/l	alle
BZV5	zomergemiddelde in mg O <sub>2</sub> /l	langzaam stromende beken

aanleiding van de vorig jaar uitgevoerde evaluatie<sup>8)</sup>. Duidelijk is dat de meeste oorzaken leiden tot een hogere EKR uit de monitoringsdata, zeker in de kanalen. Dit verklaart dus de gemiddelde afwijking naar beneden zoals berekend met het EEE2, maar ook onverwacht hoge scores die we met de monitoring vonden voor macrofyten en vis (EKR's tot 0,8-1,0).

De uitkomsten uit het EEE2 zijn uiteraard ook niet geheel zeker. Op de eerste plaats is elk model een versimpelde weergave van de werkelijkheid. Zo zijn in dit rekeninstrument waterlichamen op basis van het watertype geclusterd opgenomen, terwijl elk waterlichaam feitelijk uniek is met gebieds-specifieke eigenschappen. Daarnaast is het netwerk getraind met gegevens waarin ook onzekerheden zitten. Zeker bij overige waterflora en vis waren tijdens de ontwikkeling nog weinig goede gegevens voorhanden. Ook het vaststellen van waarden voor de stuurvariabelen kan tot verschillen leiden. Voor individuele waterlichamen kan dit alles een (beperkte) afwijking ten opzichte van de realiteit tot gevolg hebben. Tijdens verschillende validatieacties is wel gebleken dat de trainingsset goed is opgebouwd en het EEE2 goed werkt op een groep van waterlichamen<sup>4),5),6),7)</sup>. Verbeteringen zijn echter wel degelijk mogelijk met bijvoorbeeld de betere monitoringsdata die de afgelopen jaren zijn verzameld voor de KRW.

### Huidige ecologische toestand

Wanneer we de huidige situatie, berekend met het EEE2 en bepaald middels



Afb. 2: Doelbereik huidige situatie volgens EEE2-berekeningen en monitoringsresultaten voor alle 31 waterlichamen. 'Zeer goed' bestaat eigenlijk niet voor de sterk veranderde en kunstmatige wateren, maar is hier toch gehanteerd om hoogste scores beter inzichtelijk te maken.

monitoring, afzetten op de maatlaten dan blijkt de huidige toestand nog vaak matig of ontoereikend te zijn (afbeelding 2). Deze doelgaten vormden ook de aanleiding voor het opstellen van het maatregelenpakket<sup>2)</sup>. Het is duidelijk dat de doelgaten volgens de uitkomsten van het EEE2 groter zijn dan de monitoring weergeeft. Hier komt wederom duidelijk naar voren dat behalve voor fytoplankton de EKR's uit de monitoring gemiddeld hoger zijn dan de berekende EKR's met het EEE2. Gezien de huidige

onnatuurlijke inrichting en peilbeheer, het intensieve onderhoud en de nog niet optimale nutriëntenconcentraties lijkt een doelbereik van gemiddeld circa 50 procent zoals uit de monitoring komt, wat aan de hoge kant.

### Effect maatregelen en doelbereik 2027

Het EEE2 voorspelt een beperkte toename van de ecologische kwaliteit na maatregelen, maar dit is niet voldoende om in 2027 op grote schaal te voldoen aan de gestelde

Tabel 2: Afwijking uitkomsten EEE2 ten opzichte van berekende EKR's op basis van de bemonstering 2009-2010. Bij een negatieve waarde berekent het EEE2 dus een lagere EKR dan uit de bemonstering blijkt en bij een positieve waarde dus een hogere EKR.

watertypen	fytoplankton	overige waterflora	macrofauna	vissen
kanalen en ondiep meer (20+1)	0,07	-0,08	-0,12	-0,13
sloten (7)	n.v.t.	0,02	-0,10	-0,13
langzaam stromende beken (3)	n.v.t.	-0,11	0,00	-0,07
alle waterlichamen (31)	0,07	-0,06	-0,11	-0,13

Tabel 3: Verklaring afwijkingen.

oorzaak	afwijking kwaliteitselementen	gevolg	watertypen
monitoring over grotere lengten dan conform maatlat moet	macrofyten, macrofauna en vis	meer soorten en daardoor een hogere EKR Macrofaunamaatlat in beken is hier niet gevoelig voor.	vooral in de grotere waterlichamen: kanalen en sommige beken
heterogeniteit waterlichaam, waardoor het vinden van representatieve locaties lastig is	alle	EKR kan hoger of lager zijn. Vaak wordt extra bemonsterd om de heterogeniteit goed in beeld te krijgen, maar hierdoor wordt de EKR weer hoger (zie ook bovenstaand punt).	allen, maar in mindere mate in de beken
monitoren op de beste plekken bij keuze exacte meetlocatie in het veld	macrofyten, macrofauna en vis	meer soorten en ook minder negatieve soorten en daardoor een hogere EKR	allen, vooral sloten en kanalen door de opzet van die maatlaten
lastige beoordeling van scheepvaartkanalen met het EEE2 en monitoring	alle	door onduidelijkheid waar te bemonsteren in scheepvaartkanalen is een goede monitoring, en dus ook voorspelling lastig	scheepvaartkanalen (hier maar één)
niet correct watertype waardoor sommige waterlichamen onterecht een R-type hebben gekregen	alle	Maatregelen en watertype (en dus maatlat) sluiten dan niet op elkaar aan waardoor nauwelijks effect wordt gemeten.	langzaam stromende beken

doelen (zie afbeelding 3, linksboven). De verbetering is vooral een gevolg van de afname van de nutriëntconcentraties (het duidelijkst zichtbaar in het hoge doelbereik bij fytoplankton) en verbetering van de oeverinrichting.

Tot op heden zijn natuurlijker peilbeheer en extensiever onderhoud niet of nauwelijks meegenomen in de maatregelen. Omdat hier grote effecten van te verwachten zijn en omdat het waterschap hierin zelf kan sturen, zijn deze parameters in drie scenario's doorgerekend (zie afbeelding 3). De combinatie van een natuurlijk peilbeheer met extensief onderhoud kan het doelbereik tot gemiddeld circa 90 procent verhogen. Bij de overige waterflora blijkt het nog overgebleven doelgat door de onnatuurlijke oeverinrichting van sloten te komen. Wanneer de aanleg van natuurvriendelijke oevers voor 100 procent wordt ingezet, stijgt het doelbereik ook hier tot boven 90 procent. Alleen op locaties met zeer hoge nutriëntconcentraties zijn de doelen dan nog niet haalbaar. Het gaat dan vooral om waterlichamen op veen (fosfaat en stikstof) en op zand (stikstof). Aanvullende maatregelen om deze nutriëntconcentraties terug te dringen, zijn noodzakelijk om te voorkomen dat de inrichtingsmaatregelen nauwelijks ecologische verbetering laten zien.

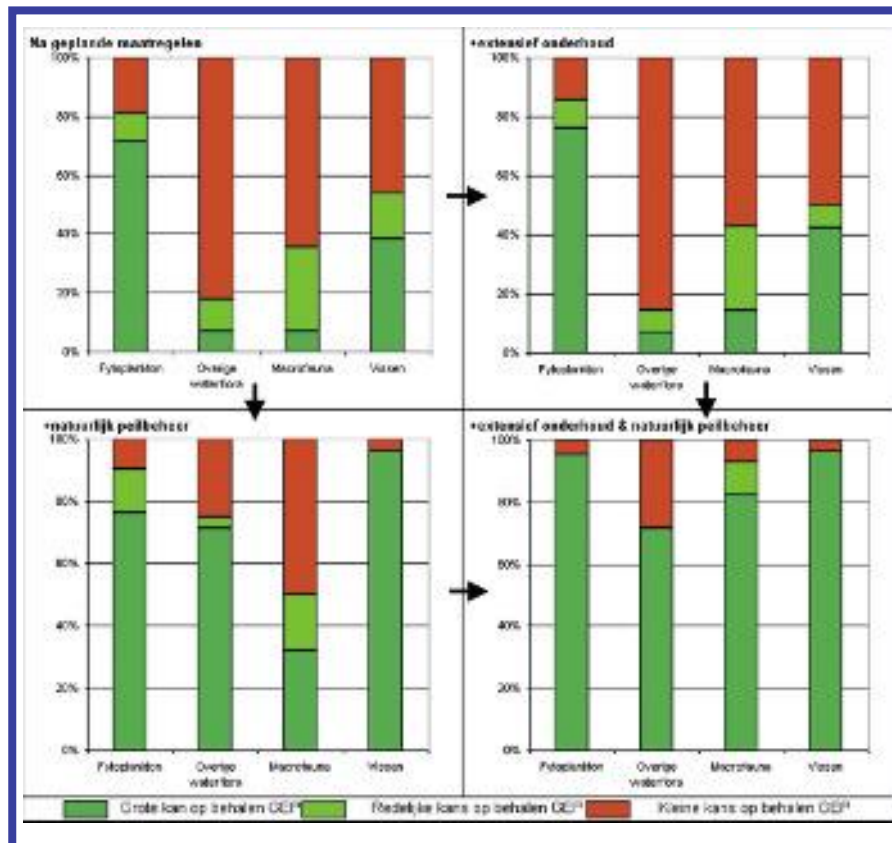
### Conclusies

De maatregelpakketten zoals nu vastgelegd, zijn samengesteld aan de hand van de kennis en ervaring tot 2008. Inmiddels zijn de monitoringsgegevens duidelijk verbeterd en is er meer en betere informatie met betrekking tot de huidige toestand van de waterlichamen. De huidige EKR's zijn nu dus beter vast te stellen en als gevolg hiervan zijn de knelpunten en maatregelen ook beter te benoemen. Waterschap Rivierenland heeft de data inmiddels dusdanig op orde dat instrumenten zoals het EEE2 toegepast kunnen worden. Op onderdelen zijn nog wel verbeteringen voorgesteld en doorgevoerd in registratie en verwerking van de meetgegevens.

Het EEE2 blijkt een goed bruikbaar instrument om de effecten van maatregelen kwantitatief in beeld te brengen. Het kan snel en reproduceerbaar de effecten van maatregelen doorrekenen, ook voor alternatieve scenario's. De uitkomsten sluiten goed aan bij de verwachtingen en de afwijkingen ten opzichte van de monitoringsresultaten worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de gebruikte monitoringsmethoden. Door de geplande KRW-maatregelen stijgt de ecologische kwaliteit, maar naar verwachting niet voldoende om alle 'gaten' in de doelen te dichten. Door aanpassing van het peilbeheer en onderhoud komen de doelen wel in zicht. Het waterschap heeft meer inzicht gekregen in het effect van het KRW-maatregelenpakket. Hierdoor is beter aan te geven welke maatregelen de doelen dichterbij brengen.

### Aanbevelingen

Het grote voordeel van het gebruik van een neuraal netwerk is dat het systeem relatief



**Afb. 3: Doelbereik na maatregelen in de 28 waterlichamen exclusief de beken met aanvullende scenario's (grote kans = hoger dan 0,05 EKR boven het GEP, redelijke kans = tussen 0,05 EKR boven en onder het GEP en een kleine kans = lager dan 0,05 EKR onder het GEP).**

gemakkelijk te verbeteren is. De bestaande trainingsset wordt daarbij aangepast/ uitgebreid met nieuwe, betere monitoringsgegevens. Oudere gegevens (van voor 2009) van minder goede kwaliteit verdwijnen daarmee uit de trainingsset. Na het opnieuw trainen van het netwerk is het systeem bruikbaar voor nieuwe voorspellingen. Gezien de nu veel grotere beschikbaarheid van voor de KRW verzamelde monitoringsgegevens is dit voor alle kwaliteitselementen en watertypen aan te bevelen. Om wildgroei aan ecologische instrumenten te voorkomen, stellen wij voor het EEE2 te integreren in de KRW-Verkenner. Op dit moment bevat de KRW-Verkenner rekenregels die zijn afgeleid uit dezelfde dataset<sup>9)</sup>. Hiervoor is alleen een andere techniek gebruikt, namelijk de Regressieboomanalyse. Naar onze mening zouden beide rekeninstrumenten verbeterd moeten worden met de nieuwste data en vervolgens beschikbaar moeten komen in de KRW-Verkenner. Daarmee hebben de specialisten en beleidsmedewerkers van de waterschappen meer middelen in handen om de effecten van de maatregelen te kunnen inschatten voor de actualisering van de stroomgebiedsanalyse in 2013 en het tweede stroomgebiedsbeheerplan in 2015.

### LITERATUUR

- 1) STOWA (2007). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water.
- 2) KRW-factsheets (2009). Beschrijving van de doelen en maatregelen per waterlichaam.
- 3) Planbureau voor de Leefomgeving (2008) Kwaliteit voor later. Ex ante-evaluatie Kaderrichtlijn Water.
- 4) Knobben R., N. Evers en J. Jansen (2008).

- 5) Evers N. en A. Schomaker (2009). Verdere ontwikkeling Expertsysteem Ecologische Effecten en evaluatie gebruik in de Ex ante-evaluatie KRW.
- 6) Evers N., F. Keukelaar en T. Schomaker (2009). Verbeteren datasets en afleiding ecologische rekenregels voor de KRW-Verkenner. Op basis van regressieboom-analyse en neuraal netwerk.
- 7) Knobben R., N. Evers, J. Jansen en W. Ligthoet (2008). Kunstmatig neuraal netwerk ingezet voor Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water. H<sub>2</sub>O nr. 16, pag. 33-36.
- 8) Arcadis, Royal Haskoning en Deltares (2010). Evaluatie KRW-maatlatten en doelaflading.
- 9) STOWA (2007). Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water.