

Sleutelfactor Toxiciteit



Mengsel toxische druk en de mate van belemmering in aquatische ecosystemen uitgedrukt als tellingen van daadwerkelijke aantallen aangetaste soorten in het veld

Achtergronddocument beschikbare kennis bij de sleutelfactor Toxiciteit

Auteurs:

Leo Posthuma (RIVM)
Jaap Slootweg (RIVM)

Contact: leo.posthuma@rivm.nl

Datum: 30 oktober 2021

Bij verwijzing naar deze notitie graag de volgende gegevens gebruiken:

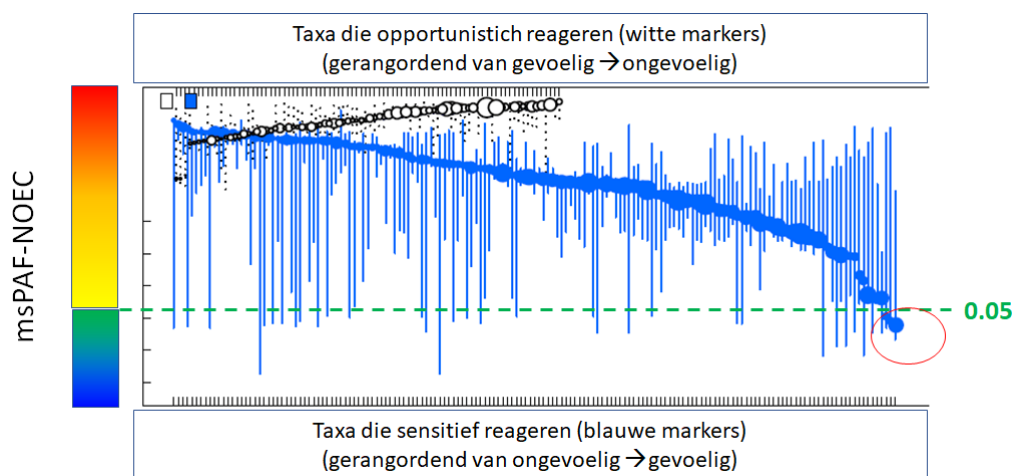
Posthuma, L. and J. Slootweg (2021). Mengsel toxische druk en de mate van belemmering in aquatische ecosystemen uitgedrukt als tellingen van daadwerkelijke aantallen aangetaste soorten in het veld. Achtergronddocument beschikbare kennis bij de sleutelfactor Toxiciteit. Versie 1, 30 oktober 2021. KIWK-Toxiciteit Notitie I2. Amersfoort, the Netherlands. Kennis Impuls Water Kwaliteit.



Highlights

1. Er is een relatie vastgesteld tussen toenemende toxische druk van mengsels en de toename van het aantal soorten dat in het veld blootgesteld wordt boven de geen-effectgrens voor mengsels.
2. De relatie duidt er op, dat 99,7% van de taxa in het cluster met de meest gevoelige soorten geen dichtheidsdaling vertoont bij een blootstelling op het niveau van het beleidsmatige beschermdoel. Dit is een heel uniek resultaat, omdat dat beleidsdoel ongeveer 30 jaar geleden is geformuleerd en geoperationaliseerd in het normenstelsel.
3. Bij toenemende toxische druk neemt het aantal soorten toe waarbij de toxische effecten tot een dichtheidseffect leiden. Uiteindelijk leiden dichtheidseffecten tot (ook) biodiversiteits-effecten en een verminderde ecologische toestand.
4. Omdat de toxische druk door waterbeheerder vastgesteld kan worden met de hulpmiddelen van de ecologische sleutelfactor Toxiciteit kunnen waterbeheerders nu dus locaties rangordenen naar toxische druk en daarmee naar de mate van effecten op de ecologische toestand.
5. Dit is belangrijk voor het behalen van de doelen van de kaderrichtlijn water.

Grafische samenvatting



“All animals are unequal” : de verdeling van grenswaarden voor de mengsel-toxische druk van ongeveer 700 taxa, uitgedrukt als msPAF-NOEC waarden (blootstellingsniveaus) waarboven afzonderlijke taxa (evertebraten) in het veld een dalende of opportunistische (stijgende) dichtheidsrespons vertonen, in relatie tot het beleidsmatige ‘95%-beschermingsniveau’ (groene stippellijn) die het bescherm- en herstel doel van de kaderrichtlijn water weergeeft. Onder de stippellijn: voldoende beschermd. Boven de stippellijn: steeds meer taxa die een dichtheidsdaling vertonen bij hoger toxische druk.



Inhoudsopgave

Highlights	2
Grafische samenvatting	2
Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting	4
1 Inleiding.....	5
2 Aanpak.....	7
2.1 Gegevens	7
2.2 Voorbewerking	7
2.3 Afleiden van taxon-specifieke grenswaarde.....	7
2.4 Telling van de taxa die een significant effect vertonen	8
3 Resultaten	9
3.1 Indeling in 10 clusters van monitoring data	9
3.2 Aantallen evertebraten taxa per cluster	9
3.3 Kritische niveaus van toxische druk en veldeffecten bij taxa.....	9
3.4 Samenvattende figuur voor evaluatie klassengrenzen.....	12
4 Discussie en conclusies	15
4.1 Evaluatie van de grenswaarde voor bescherming.....	15
4.2 Evaluatie van de grenswaarden voor prioritering van herstelmaatregelen	15
4.3 Eindevaluatie	15
Colofon.....	17
Referenties.....	17



Samenvatting

Deze notitie geeft een uniek inzicht in de relatie tussen de mate van chemische verontreiniging (uitgedrukt via de maatlat: toxische druk) en de fractie soorten die in het veld aangetast wordt. Dat inzicht is nodig om maatregelen te kunnen prioriteren. Waterbeheerders kunnen met de hulpmiddelen van de ecologische sleutelfactor Toxiciteit zelf de toxische druk berekenen, en uitdrukken in vijf klassen. Het huidige rapport illustreert dat een toenemende verontreinigingsklasse samengaat met steeds grotere effecten op soorten. Hiermee wordt de relatie tussen toxische druk en de doelen van de kaderrichtlijn water gelegd.

Het inzicht in de relatie tussen mengsel toxische druk en de aangetaste fractie soorten is in deze studie afgeleid met behulp van veldgegevens van Nederlandse monitoring-activiteiten. Het betreft monitoringdata van chemische verontreinigingen en van overige drukfactoren en omgevingscondities, en van soorten die worden aangetroffen en hun aantallen. De ecologische data bestaan uit inventarisaties van macrofauna-taxa. De data-analyses werden uitgevoerd met de werkwijze van TITAN, wat een afkorting is van *Threshold Indicator Taxa Analysis*: van elk taxon dat in het monitoringbestand wordt onderscheiden wordt bepaald wat de grenswaarde is waarboven effecten optreden.

De eindconclusie van de analyses is, dat de effecten op afzonderlijke taxa gesignaleerd worden vanaf een toxische druk waarde voor mengsels van ongeveer 0,05 en hoger – in technische termen: msPAF-NOEC=0,05. Of, met andere woorden, de meest gevoelige taxa worden merkbaar door mengsels van stoffen belemmerd in het handhaven van hun aantallen als de mengsel-toxische druk (msPAF-NOEC) zo groot wordt dat meer dan 1 op 20 soorten wordt blootgesteld boven het geen-effect niveau.

Dit resultaat is een uiterst bijzondere waarneming, omdat in de historie van de normstelling exact deze grenswaarde (onder de naam HC5 [specifiek dus: de HC5-NOEC], *Hazardous Concentration for 5% of the species*) werd voorgesteld, midden jaren-80, als waarde die voor de normstelling van stoffen het beschermdoel vertegenwoordigt. Bij die blootstelling zou immers 95% van de soorten beschermd zijn tegen enig nadelig effect op kenmerken zoals groei en reproductie, het bekende ‘95%-beschermingsniveau’ uit het stoffen- en waterkwaliteitsbeleid.

Dit resultaat betekent, dat de kalibratie van de ecologische toestandsklassen en de chemische verontreiniging gebaseerd kan worden op deze grenswaarde: de grenswaarde tussen goede en matige ecologische toestand, die bij overschrijding betekent dat er effecten op de ecologie optreden, komt overeen met de msPAF-NOEC-waarde van 0,05 omdat bij overschrijding daarvan vastgesteld is (met TITAN) dat er dan soorten in dichtheden afnemen.

Noot: omdat de sleutelfactor toxiciteit geactualiseerd wordt, en ook de kennis voor deze notitie toeneemt, kan deze notitie geactualiseerd worden.



1 Inleiding

De Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit (de ESF-T, zoals in het KIWK-Toxiciteit-project is ontworpen) ontsluit bestaande kennis over chemische verontreinigingen voor toepassingen in het waterbeheer. Een inventarisatie van de bestaande kennis heeft aangetoond, dat chemische verontreiniging een belangrijke belemmering vormt voor het behoud of herstel van een goede waterkwaliteit (Posthuma et al., 2021c). De analyses waar dat uit bleek tonen daarbij aan, dat chemische verontreiniging een in ruimte en tijd variërende druk oplevert. Emissies van stoffen variëren in ruimte en tijd (onder meer samenhangend met landgebruik), en ook de verschillen in hydrologische condities (verdunding bij zware regenval, etc.) en in het al dan niet systematisch gebruik van stoffen (zoals bestrijdingsmiddelen) dragen bij aan de grote verschillen in mengsels in de oppervlaktewateren. En ook de ecologische toestand varieert in ruimte en tijd, zoals onlangs nog eens vastgesteld door Hallmann and Jongejans (2021). Deze beide vormen van variatie betekenen, dat er een mogelijkheid bestaat om vast te stellen of en hoe de mengsel toxische druk co-varieert met de veranderingen in aquatische ecosystemen: gaat de verwachting op, dat de grote variatie in mengsels samengaat met een overeenkomstige variatie in de omvang van effecten?

Deze notitie beschrijft de *voorlopige resultaten van nog lopend onderzoek* aan een relevante, Nederlandse data set. In dat onderzoek is de bedoelde co-variatie onderzocht. De volgende vragen werden gesteld:

1. Is er een relatie tussen mengsel-toxische druk en veranderingen in aquatische ecosystemen
2. Zo ja, hoe kan die relatie worden beschreven,

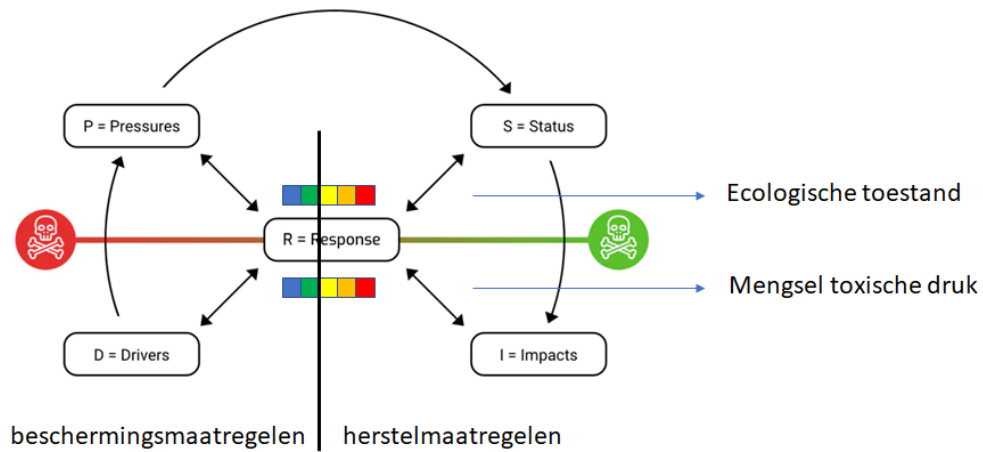
en ten slotte, als belangrijk gegeven voor de praktijk van het waterbeheer en het indiceren van de KRW-verplichting om maatregelen te nemen bij een minder dan goede ecologische toestand:

3. Bij welk niveau van de mengsel toxische druk worden de eerste significante effecten waargenomen, en is dit niveau te relateren aan enerzijds de normstelling van stoffen en anderzijds de ecologische toestand zoals gedefinieerd in de kaderrichtlijn water (KRW)?

Het niveau waarbij effecten beginnen wordt bij de ecologische toestand gedefinieerd via de bovengrens van de 'goede' ecologische toestandsklasse (groen); als drukfactoren effecten opleveren, vervalt de ecologische toestandsklasse naar matig (geel, significante effecten gevonden), of ontoereikend resp. slecht (oranje resp. rood, steeds grotere effecten), zie Figuur 1. Verdere uitleg over de klassen is te vinden in een Deltafact over klassenindelingen (Posthuma et al., 2021b). Bij de ESF-Toxiciteit wordt voor de graad van chemische verontreiniging een vijfklassen-systeem voorgesteld, om ook voor de toxische druk door mengsels een vergelijkbaar gradueel verschil in mate van effecten te kunnen hanteren, t.b.v. het prioriteren van herstelmaatregelen. De achtergronden van dat voorstel worden toegelicht in Posthuma et al. (2021a).

In de figuur wordt schematisch getoond, wanneer de waterbeheerder herstelmaatregelen moet nemen, voor (boven) de ecologische toestand, resp. (onder) de chemische verontreiniging, wanneer voor beide beoordelingen het vijf-klassen idee zou worden gebruikt. In het laatste geval gaat het dus om de grenswaarde tussen de groene en de gele klasse van chemische verontreiniging, en is belangrijk om te evalueren bij welke waarde van de mengsel toxische druk er effecten beginnen.





Figuur 1. Illustratie van de rol van de bovengrens van de goede ecologische toestand, die bepalend is voor het moeten nemen van herstelmaatregelen, ingetekend in de DPSIR-causale analyse (zie KIWK-Tox Notitie S). Geïllustreerd wordt dat deze kritische grenswaarde ook voor chemische verontreiniging gebruikt wordt, via het daarvoor opgestelde vijfklassensysteem (Posthuma et al., 2021b).



2 Aanpak

De aanpak van de studie wordt hier zeer kort beschreven.

2.1 Gegevens

De monitoringgegevens zijn dezelfde als die van het ESFT1-rapport (Posthuma et al., 2016). De data set bestaat uit gegevens over allerlei drukfactoren en over de aanwezigheid en aantallen van aquatische evertebraten-soorten, verzameld in Nederland.

2.2 Voorbewerking

De gegevens zijn op basis van statistische analyses eerst ingedeeld in tien hoofdgroepen die op basis van de abiotische monitoring-gegevens van elkaar konden worden onderscheiden. Daarna werd onderzocht bij welke waarde van de mengsel-toxische druk de abundantie van de taxa significant afneemt. Dat is gedaan met TITAN, *Threshold Indicator Taxa Analysis* (Baker and King, 2010).

TITAN evalueert het vóórkomen en/of de abundantie van een soort afhankelijk van één variabele waar de interesse naar uitgaat, in ons geval toxische druk van mengsels, gegeven de variatie in alle andere milieufactoren. Daarbij wordt de kans op vóórkomen van elk taxon statistisch genormaliseerd (zodat de taxa ondanks eventueel zeer verschillende dichtheden in één figuur, met een eenduidige dichtheidseffect schaal, kunnen worden samengebracht), en wordt de onzekerheid op die kans geschat. Samen kosten de gehanteerde statistische methoden van TITAN (permutatie en bootstrappen) erg veel rekentijd. Dat was, naast het evalueren van robuustheid van de TITAN-effect grenzen in verschillende tien subgroepen van velddata, een belangrijke aanleiding om de dataset te gaan opsplitsen. Door te clusteren (via de *kmean* variabele) op andere variabelen waarvan we weten dat ze ook invloed hebben op het vóórkomen van soorten, krijgen we een indruk van de samenhang van toxische druk en die variabelen, en van de robuustheid van de gevoeligheden van de soorten (in de verschillende data-subgroepen) voor toxische druk. De belangrijkste variabelen zijn waarschijnlijk de hoeveelheid stikstof (Kjeldahl) en de pH. De andere variabelen zijn fosfaat, Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV), chloride en doorzicht¹.

De onderverdeling is voor de interpretatie van toxische-druk analyses in watersysteemanalyses ook belangrijk, omdat de onderverdeling de gelegenheid biedt om te evalueren of de waarde van de toxische druk waarboven effecten zichtbaar worden gelijk of verschillend is tussen de subgroepen. Dit kan gezien worden als robuustheids-controle van het afleiden van de betreffende grens met TITAN: bij een (gekozen beleids)grens die gesteld is met het oogmerk van een 'geen effect-grens' moet dit in allerlei gebieden van toepassing zijn. Vanuit de beleidsmatige beginselen over bescherming zouden er in geen van subgroepen, of er nu een relatief gevoelige of ongevoelige taxa-verzameling aanwezig is in de subgroepen, sprake moeten zijn van enig effect.

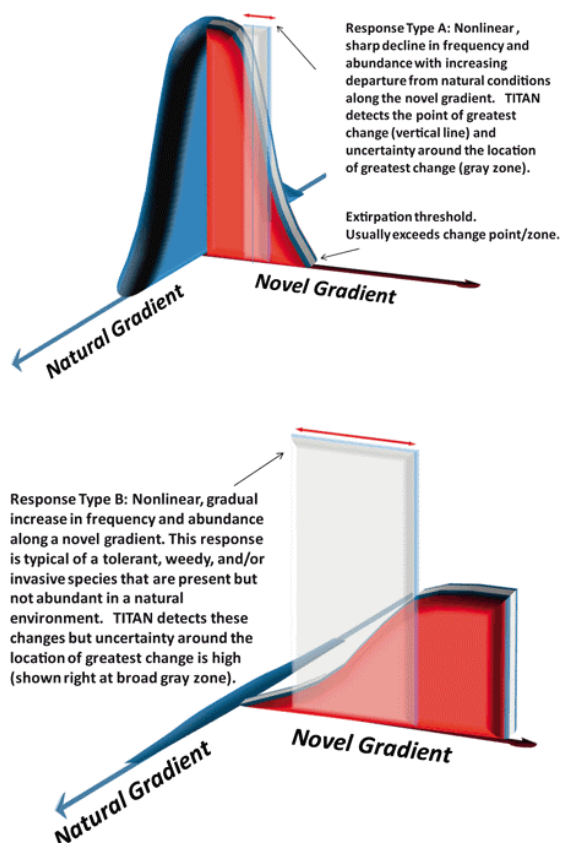
2.3 Afleiden van taxon-specifieke grenswaarde

Met behulp van het programma TITAN zijn taxon-specifieke grenswaarden afgeleid waarboven elk aanwezig taxon een significant dichtheids-effect vertoont. TITAN betekent, zoals hiervoor al gemeld,

¹ Technische details van de clustering: de hoeveelheid stikstof en de zuurgraad hebben een twee maal grotere weegfactor gekregen bij het clusteren; voorafgaand aan de toepassing van de *kmean* methode van TITAN moesten alle variabelen in een vergelijkbare schaal worden gezet, omdat de euclidische afstanden tussen de samples per cluster op gelijke wijze zou moeten worden geminimaliseerd. Van de variabelen, behalve pH (dit is immers: $\log[H^+]$, zijn voor de clustering de logwaarden genomen, en alle zijn gemaximeerd dan wel geminimaliseerd op respectievelijk het 95 en 5 percentiel, en daarna geschaald op gemiddelde en standaard deviatie.



Threshold Indicator Taxa Analysis; het is een data-analyse techniek (+software programma) dat op basis van monitoringdata voor elk taxon de grenswaarde afleidt voor de drukfactor waarboven die drukfactor de dichtheid significant beïnvloedt (zie Figuur 2). Bekend is, dat elk taxon een eigen set milieuocondities prefereert voor drukfactoren zoals de zuurgraad: er is een verdeling van de effect-grenswaarden van zuurgraad voor een gegeven verzameling taxa. Dat geldt ook voor de grenswaarde die afgeleid wordt voor de mengsel toxische druk: “*All animals are unequal*”.



Figuur 2. Uitleg van de principes waarop TITAN-analyses gebaseerd zijn:. Elk taxon heeft een optimum-curve voor de natuurlijke milieuv variabelen. Als er een nieuwe drukfactor optreedt – zoals chemische verontreiniging, tast die de abundantie van de taxa aan – gegeven de heersende milieuocondities op de natuurlijke gradiënt. Soorten kunnen sensitief reageren op de nieuwe drukfactor (boven), of opportunistisch (onder). TITAN geeft voor beide typen respons de kritische waarde van de nieuwe drukfactor waarboven de dichtheid significant lager of hoger is.

2.4 Telling van de taxa die een significant effect vertonen

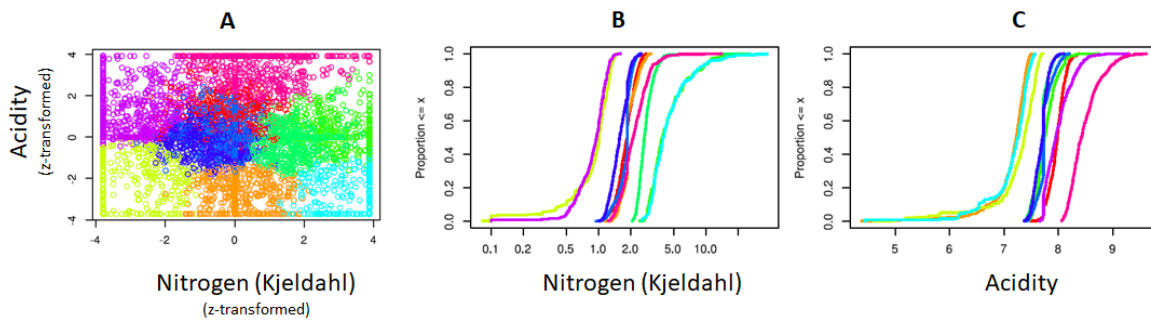
In het Deltafact over de vijfklassen-indeling (Posthuma et al., 2021b) is beschreven, dat de grenswaarde tussen ‘groen’ en ‘geel’ voorlopig gesteld is op msPAF-NOEC=0,05. Dit is gedaan omdat dit overeenkomt met het blootstellingsniveau waarbij 5% van de soorten blootgesteld is aan een chronische toxische druk op het geen-effect niveau (oftewel: 95% van de soorten is dat niet), waardoor deze blootstelling beleidsmatig gelijk is aan het (historische begrip van het) 95%-beschermingsniveau dat bij de normstelling gebruikt is. De telling van het aantal taxa dat een significant effect ondervindt wordt dan ook vergeleken met deze grenswaarde: bij de msPAF-NOEC=0.05 zou er geen taxon moeten zijn waarbij de dichtheid is toe- of afgenomen, in geen van de subgroepen van de dataset.



3 Resultaten

3.1 Indeling in 10 clusters van monitoring data

De statistische analyse leidde tot een indeling in 10 clusters van monitoring data. In Figuur 3 wordt getoond, dat de indeling vooral sterk bepaald wordt door verschillen in de waarden van de drukfactoren stikstof (Kjeldahl-N) en de zuurgraad.



Figuur 3. Links: indeling van de dataset in 10 clusters die vooral onderscheiden zijn op basis van de drukfactoren Kjeldahl-stikstof en de zuurgraad. Midden: de cumulatieve verdelingen van de waarden van Kjeldahl-stikstof voor de 10 clusters. Rechts: Idem voor de zuurgraad.

3.2 Aantallen evertebraten taxa per cluster

De aantallen taxa die voorkomen in de clusters zijn hoog. De aantallen worden samengevat in Tabel 1. Door de hoge diversiteit in elk cluster kan heel afgeleid worden of er onder, rondom, of (ruim) boven de grenswaarde van msPAF-NOEC=0,05 al taxa gevonden worden waarbij effecten optreden. De dataset kan, vanwege de omvang en de aantallen taxa, en vanwege de opsplitsing in tien clusters, gekarakteriseerd worden als robuust voor de in deze notitie onderzochte grenswaarde-effecten.

Groep	Taxa/groep
1	438
2	615
3	644
4	445
5	633
6	371
7	752
8	673
9	737
10	429

Tabel 1. Aantallen taxa per cluster zoals getoond in Figuur 3.

3.3 Kritische niveaus van toxische druk en veldeffecten bij taxa

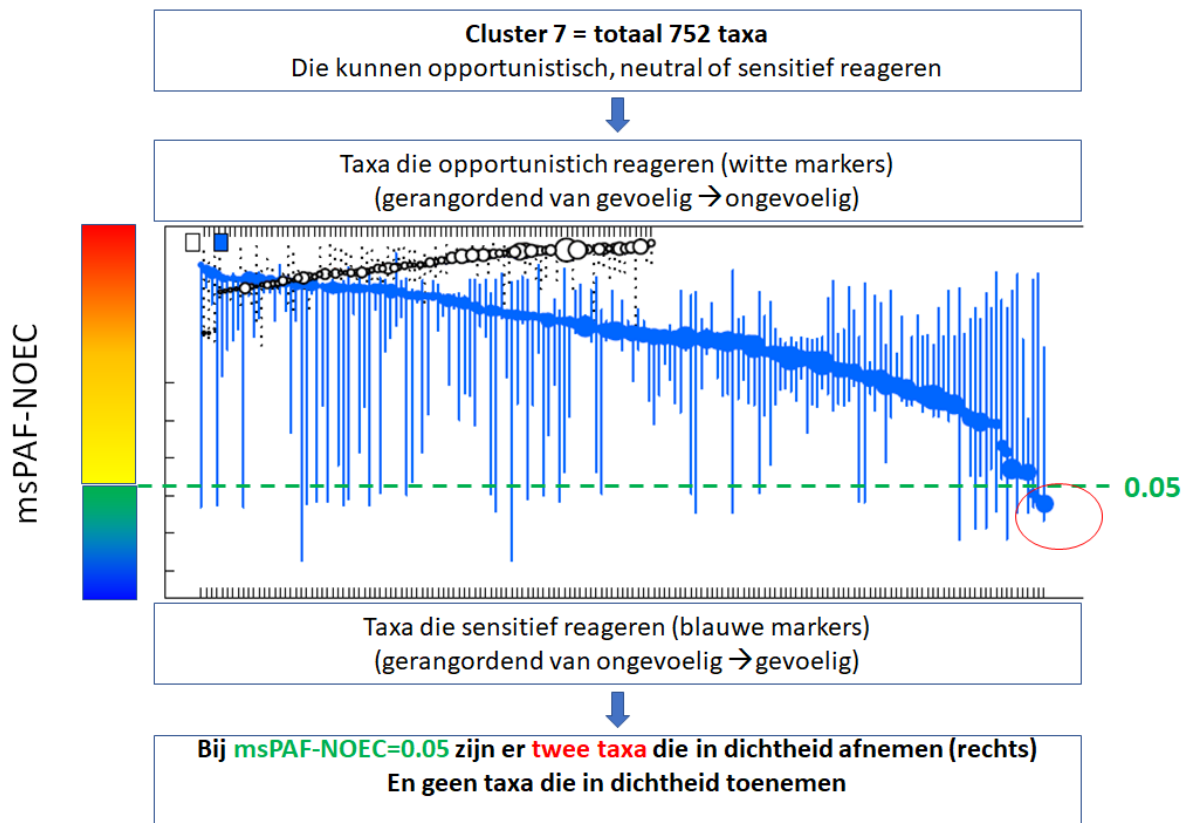
TITAN levert betekenisvol inzicht in de effecten van chemische verontreiniging door mengsels, zoals getoond wordt voor het voorbeeld van de resultaten van de data-analyses voor cluster 7 in Figuur 4 ten opzichte van de toxische druk meetlat van msPAF-NOEC. Deze meetlat wordt gebruikt om te beoordelen of er afdoende bescherming is.



De figuur wordt als volgt uitgelezen:

1. In cluster 7 komen in totaal 752 taxa voor (zie Tabel 1). Die kunnen verschillende responspatronen hebben t.o.v. chemische verontreiniging:
 - a. Sensitief: boven een bepaalde msPAF-NOEC grens (een maatlat die afgeleid is uit laboratorium testen met soorten) vertonen de soorten in het veld een daling van hun dichtheid, en de msPAF-waarde waarbij dat gebeurt verschilt tussen de soorten (“*All animals are unequal*”: sommige soorten zijn gevoeliger dan anderen), zie Figuur 2.
 - b. Neutraal of variabel: de toxische druk maatlat covarieert niet systematisch met de dichtheid van deze taxa in het veld: er is geen duidelijke grenswaarde waarboven deze taxa in dichtheid dalen of stijgen
 - c. Opportunistisch: boven een bepaalde msPAF-NOEC grens (een maatlat die afgeleid is uit laboratorium testen met soorten) vertonen de soorten in het veld een stijging van hun dichtheid, en de msPAF-waarde waarbij dat gebeurt verschilt tussen de soorten (“*All animals are unequal*”: sommige soorten zijn opportunistischer dan anderen)
2. Als we de klassen met beperkte chemische verontreiniging als blauw en groen kleuren (bij de Y-as) en daarbij de msPAF-NOEC=0,05 als bovengrens van de groene klasse hanteren (zoals aangegeven) dan kan afgelezen worden hoeveel taxa een significante verandering in dichtheid vertonen. Omdat de meest gevoelige soorten rechts ingetekend zijn, kan in de rode cirkel afgelezen worden dat er voor twee soorten van de 752 taxa in dit cluster de geen-effect grens voor dichtheidseffecten van blootstelling aan mengsels in het veld is overschreden.
3. Bij de beleidsmatig voorgestelde grenswaarde van msPAF-NOEC=0.05 (het 95%-beschermingscriterium) is er in het veld voor cluster 7 sprake van afwezigheid van een wezenlijk dichtheidseffect bij $750/752 = 99.7\%$ van de taxa. De beleidsmatig gekozen grenswaarde blijkt te voldoen, omdat dit percentage hoger is dan het gekozen criterium bij het 95%-beschermingsniveau. Dat er een negatief dichtheidseffect is bij 0.3% van de taxa betekent verder niet dat die taxa verdwijnen (zie ook de volgende figuur).
4. Bij de beleidsmatig voorgestelde grenswaarde van msPAF-NOEC=0.05 (het 95%-beschermingscriterium) is in werkelijkheid in cluster 7 geen sprake van een wezenlijk opportunistisch dichtheidseffect, totdat de chemische verontreiniging wezenlijk hoger is (de witte markers (die gelden voor de taxa met een negatieve dichtheids-respons) vertonen een eerste respons [links] bij een vrij hoge Y-waarde).
5. Noot: de geel-oranje-rood kleurings bij deze figuur is alleen als illustratie bedoeld: hoe hoger de Y-waarde, hoe hoger de msPAF-NOEC (Y-as) en hoe meer soorten (X-as, van rechts naar links steeds ongevoeliger) er gehinderd zullen zijn. De verdere analyse in relatie tot de voor de ESF-Toxiciteit voorgestelde klassen voor chemische verontreiniging (KIWK-Toxiciteit Notitie I-9) wordt geanalyseerd in de volgende figuur.

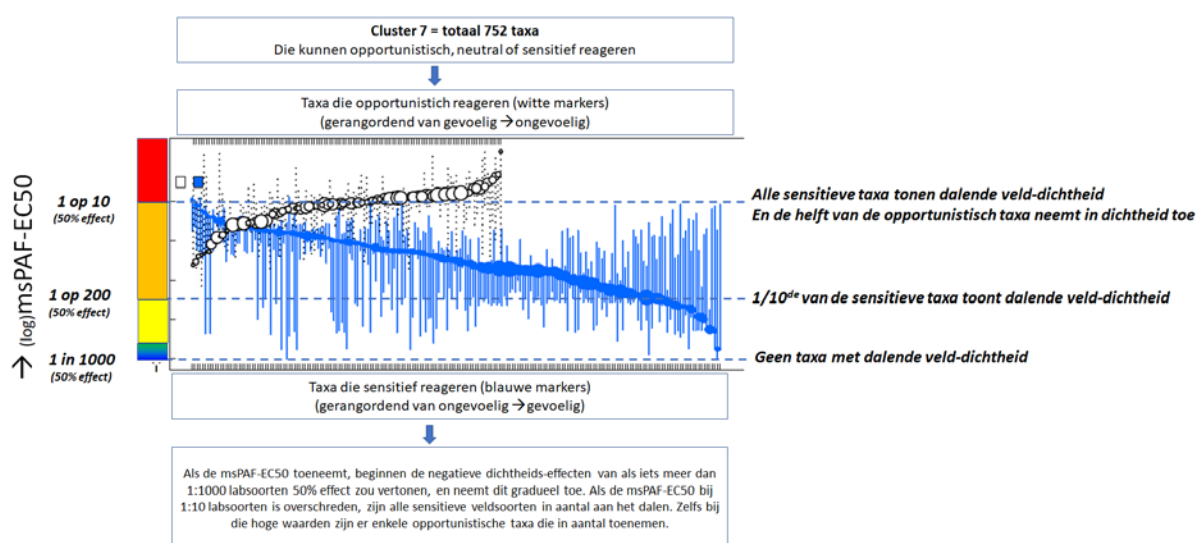




Figuur 4. Resultaten voor de TITAN-analyse van de data van cluster 7, waarbij het optreden van veldeffecten bij de taxa is uitgezet tegen de waarden van msPAF-NOEC (verticale as). Op de horizontale as staan de verschillende taxa, gerangordend van ongevoelig (links) naar gevoelig (rechts) op de onderste X-as, en omgekeerd gerangordend op de bovenste X-as. Blauwe en witte markers geven de grenswaarden van effecten aan voor de msPAF-NOEC voor taxa die negatief resp. opportunistisch relateren met toxische druk. De msPAF-NOEC grenswaarde van 0.05 (uit het stoffenbeleid: het 95%-beschermingsniveau) is ingetekend als groen stippellijn. De blauwe en witte markers tonen bij welke msPAF-waarde (Y-as) de verschillende taxa significant lagere resp. hogere dichtheden heeft (sensitieve resp. opportunistische soorten). Data analyses voor de niet-getoonde taxa (een grote fractie) leidden niet tot de afleiding van een significante TITAN-grenswaarde van effecten. Voor toelichting: zie tekst.

TITAN-analyses leveren ook betekenisvolle inzichten in de mate van effecten, wanneer de analyses worden uitgevoerd met de msPAF-EC50 maatlat. Bij deze maatlat betekent een verhoogde waarde (bijvoorbeeld: msPAF-EC50=0,25) dat er bij 25% van de soorten een fikse effect (van 50% reductie) optreedt op eindpunten zoals groei en reproductie. Empirisch is vastgesteld, dat de msPAF-EC50 waarden co-variëren met soortenverlies. De resultaten van deze TITAN-analyse worden geïllustreerd in Figuur 5. Deze figuur toont, dat de meetlat voor toxische druk msPAF-EC50 de interpretatie heeft dat in het veld steeds meer soorten blootgesteld worden boven hun geen-effect grens (de door TITAN bepaalde grens) en dichtheids-daling zullen vertonen (blauwe markers), wat voor alle sensitieve taxa geldt bij msPAF-EC50=10% (1 op 10 lab-soorten zou 50% effect vertonen als ze in het veld zouden worden blootgesteld bij die msPAF-EC50 waarde). Zelfs bij die hoge toxische druk (msPAF-EC50>10%) zijn er nog enkele opportunistische soorten die in dichtheid toenemen.





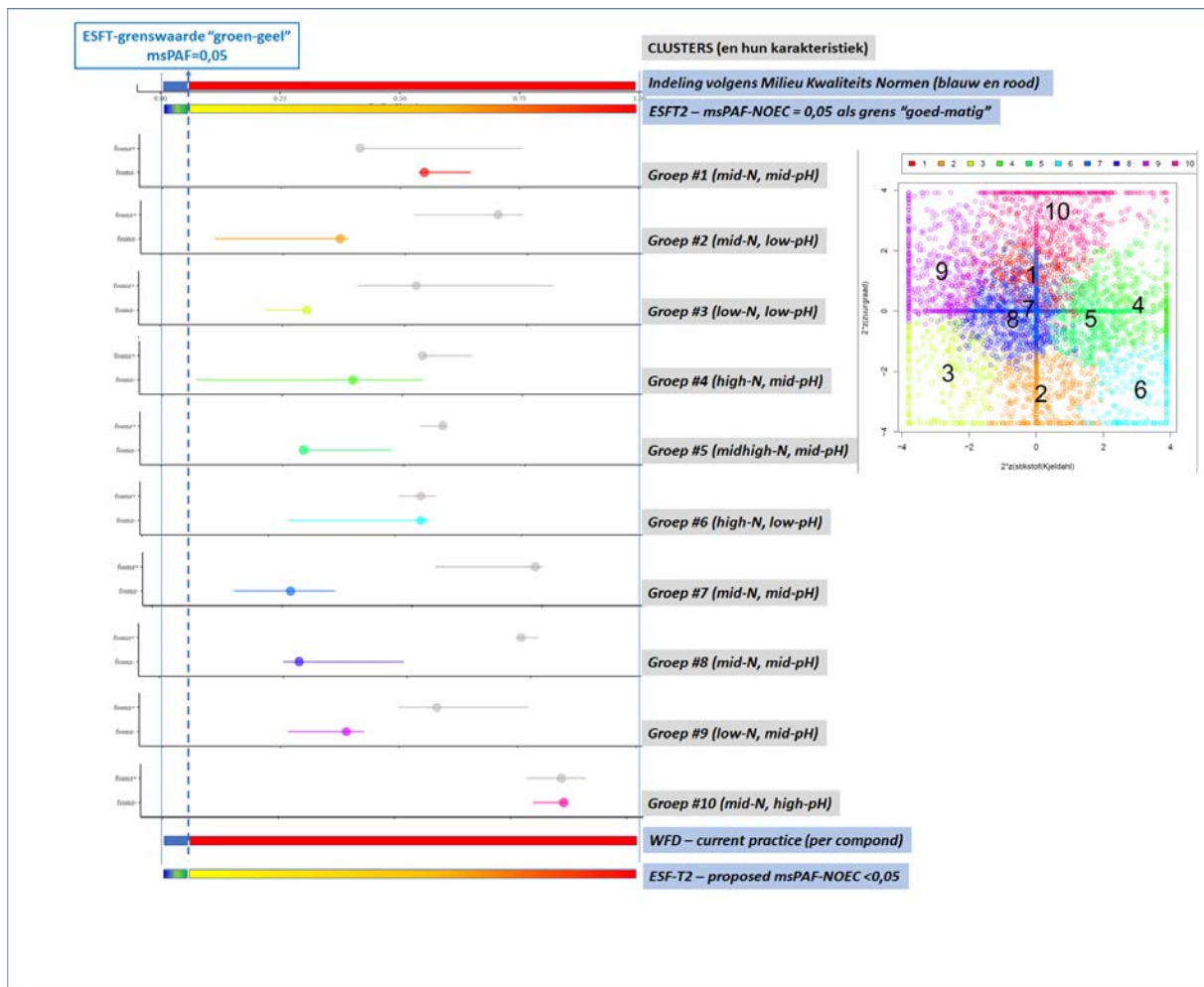
Figuur 5. Resultaten voor de TITAN-analyse van de data van cluster 7, waarbij het optreden van veldeffecten bij de taxa is uitgezet tegen de waarden van msPAF-EC50 (verticale as). Op de horizontale as staan de verschillende taxa, gerangordend van ongevoelig (links) naar gevoelig (rechts) op de onderste X-as, en omgekeerd gerangordend op de bovenste X-as. De msPAF-EC50 grenswaarden van 1:200 soorten (voorgestelde bovengrens gele klasse), en 1:10 (bovengrens oranje klasse) zijn weergegeven. Deze grenzen zijn afkomstig uit het ESFT1-calibratie-rapport, en zijn in de ESFT2-context de grenswaarden tussen geel-oranje en oranje-rood (zie KIWK-Toxiciteit Notitie I-9). De blauwe en witte markers tonen bij welke msPAF-waarde (Y-as) de verschillende taxa significant lagere resp. hogere dichtheden heeft (sensitieve resp. opportunistische soorten). Niet-getoonde taxa hebben geen significante TITAN-grenswaarde van effecten. Voor toelichting: zie tekst.

3.4 Samenvattende figuur voor evaluatie klassengrenzen

TITAN maakt het ook mogelijk de figuren van alle clusters samen te vatten, zodat de spreiding in de grenswaarden voor dichtheidseffecten in het veld samengevat wordt voor elk cluster, en dan apart voor de opportunistisch en de sensitieve taxa. De resultaten voor de msPAF-NOEC worden getoond in Figuur 6. Samengevat werd gevonden, dat er bij de msPAF-NOEC=0,05 grenswaarde gemiddeld dus geen negatieve of positieve effecten op de taxa optreden (zoals bij de detail-figuur van cluster 7 al getoond was), en dat de toxische druk waarbij een aantal taxa in dichtheid toenemen vaak ruim hoger is dan de toxische druk waarbij taxa in dichtheid afnemen (de bovenste marker ligt vaak rechts van de onderste marker van een cluster). Verder blijkt, dat de clusters bevolkt worden door taxa die gemiddeld verschillen in gevoeligheid: er zijn clusters die gevoeliger soorten bevatten dan andere clusters (zoals cluster 7 dus het meest gevoelig lijkt qua sensitieve soorten, en daarom gebruikt is bij de illustratie en uitleg in de vorige paragrafen).

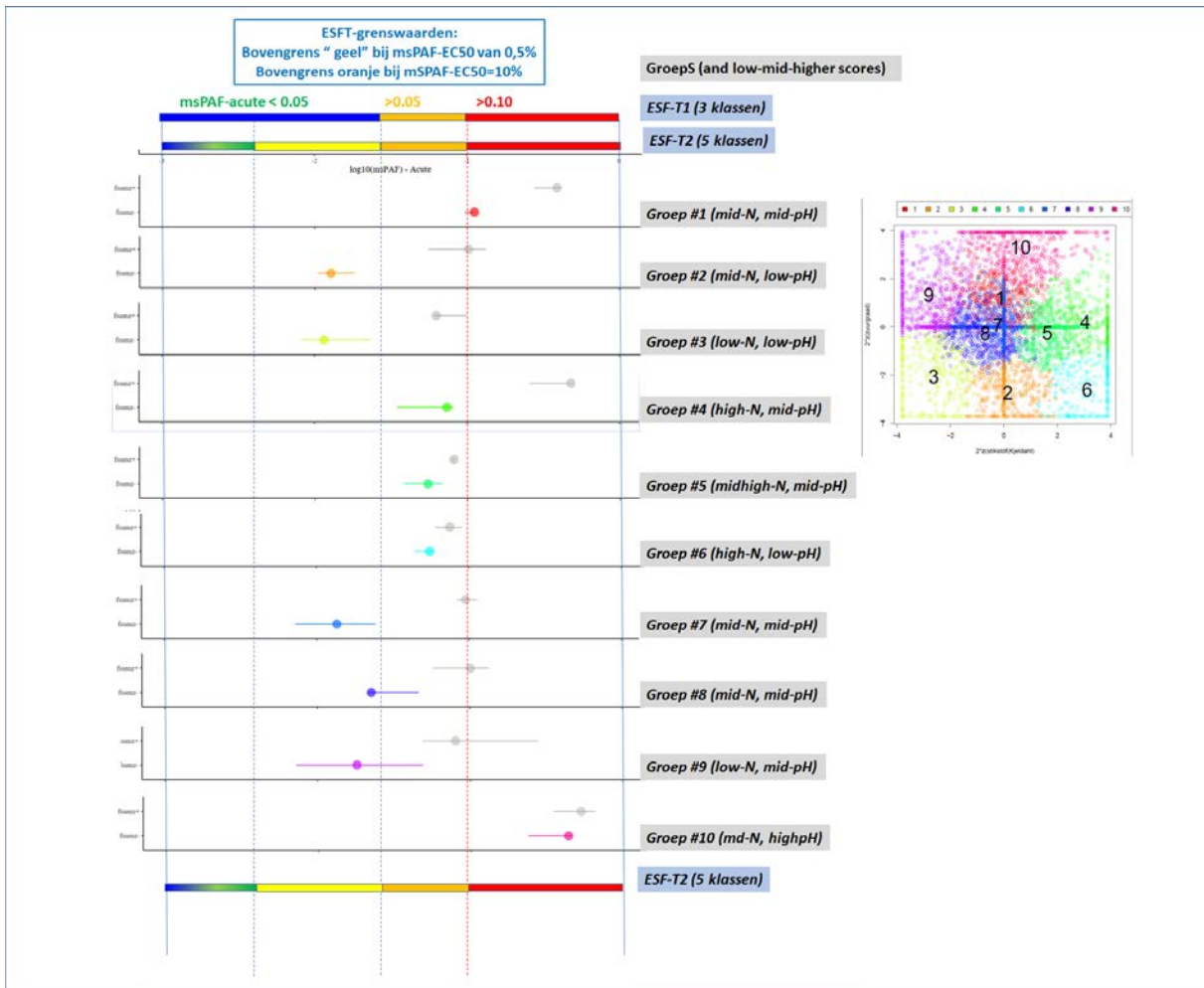
De vergelijkbare figuur voor de msPAF-EC50 meetlat – die gebruikt wordt omdat deze waarde covarieert met soortenverlies – is getoond in Figuur 7. De indeling in geel, oranje en rood identificeert in principe een toenemend effect bij toenemende toxische druk (en klasse), maar sommige clusters vertonen grotere effecten dan andere. Dit hangt weer samen met de al genoemde verschillen in gevoeligheden van de verzamelingen taxa per cluster.





Figuur 6. Samenvatting van de veld-effect grenswaarden van de taxa die in de verschillende clusters voorkomen, voor de msPAF-NOEC. De ESFT2-grenswaarde van msPAF-NOEC=0,05 is als stippellijn weergegeven. Rechts zijn de kleuren van de clusters (conform Figuur 3) weergegeven. Als referentie voor de gebruikelijke beoordeling per stof is de grenswaarden die in de normstelling van de KRW wordt gehanteerd weergegeven als blauw-rode balk (die voor elke stof apart geldt). Per cluster is de bovenste marker geldig voor de opportunistische taxa, en de onderste voor de sensitieve taxa.





Figuur 7. Als Figuur 6 maar nu voor de msPAF-EC50, die gebruikt wordt om de klassen geel, oranje en rood te onderscheiden.



4 Discussie en conclusies

4.1 Evaluatie van de grenswaarde voor bescherming

De voorlopige resultaten van de uitgevoerde data-analyses tonen aan dat de grenswaarde die voorgesteld is voor de grens tussen ‘groen’ en ‘geel’ (de msPAF-NOEC=0,05) een grenswaarde is die inderdaad de grens aangeeft waarboven mengsels de dichtheden van taxa begint te beïnvloeden. Bij cluster 7 – die bij de detail-analyses het gevoeligste cluster was – bleek dat bij het beleidsmatig gestelde beschermdoel (volledige bescherming van structurele en functionele kenmerken van een ecosysteem, geoperationaliseerd met het 95%-beschermingsniveau) inderdaad 750 van de 752 taxa geen dichtheidseffecten toonden. Bij de samenvattende figuur, voor alle clusters een eigen analyse, bleek dat dat 95%-beschermingsniveau inderdaad in alle clusters op afdoende bescherming tegen dichtheidsveranderingen bij taxa duidt.

De eerste, en belangrijkste, conclusie hieruit is, dat deze studie aantoont dat de bovengrens van de groene klassen gegeven kan worden door msPAF-NOEC=0,05: bij die waarde als bovengrens is er in de Nederlandse oppervlaktewateren geen sprake van een betekenisvolle dichtheidsveranderingen van aquatische evertibraten, net zoals geldt voor de definitie van de ecologische toestand: er zijn geen significante effecten bij de bovengrens “groen”.

Alleen bij 2 van de 752 taxa in cluster 7 is er een significante dichtheidsverandering. Indien bedacht wordt, dat de grenswaarde voor effecten in het veld op zich moeilijk te schatten is (kijk naar de betrouwbaarheidsintervallen) dan geldt nog steeds dat het merendeel van de taxa geen wezenlijke dichtheidseffecten zal ondervinden.

4.2 Evaluatie van de grenswaarden voor prioritering van herstelmaatregelen

De voorlopige resultaten van de studie tonen ook aan, dat een toenemende toxische druk eenvoudigweg gepaard gaat met een toenemend aantal taxa dat blootgesteld wordt boven de hun veld-effect grens. Dit geeft een duidelijke basis-interpretatie aan zowel de msPAF-NOEC als de msPAF-EC50:

- Bij toenemende toxische druk, uitgedrukt als msPAF-NOEC, wordt voorspeld dat steeds meer soorten hinder ondervinden, en vertonen steeds meer taxa in het veld dichtheidseffecten (zowel negatief als positief)
- Bij toenemende toxische druk, uitgedrukt als msPAF-EC50, wordt voorspeld dat steeds meer soorten fikse effecten (50%-effect niveau) zullen ondervinden, en vertonen steeds meer taxa in het veld dichtheidseffecten (zowel negatief als positief), waarbij uit diverse studies duidelijk werd dat dit samengaat met soortenverlies.

De tweede, eveneens belangrijke conclusie is, dat de gekozen grenswaarden voor de geel-oranje en oranje-rood grenzen zich goed verhouden tot een toenemend aantal taxa dat fikse effecten zal ondervinden. Dit betekent, dat deze grenzen gehanteerd kunnen worden als onderscheidend en betekenisvol, voor het prioriteren van maatregelen.

4.3 Eindevaluatie

Deze studie duidt er op, dat – voor de directe effecten van mengsels op groei en reproductie van soorten – de grenswaarde tussen goede en matige ecologische toestand – en dus tussen het niet en wel aanleiding geven tot het overwegen en nemen van herstelmaatregelen die gericht zouden zijn tegen



chemische verontreiniging – zowel op basis van (historische) beleidsmatige overwegingen als op basis van de resultaten van de TITAN-analyses voor de bestudeerde stoffen en soorten en het bestudeerde gebied (Nederland) zou moeten liggen bij de waarde van $msPAF-NOEC=0,05$.

Het is heel bijzonder wat in deze studie gevonden is. In het midden van de jaren '80 van de vorige eeuw werd een methodiek opgesteld om concentraties voor afzonderlijke af te leiden waaronder er sprake zou moeten zijn van volledige bescherming van de structurele en functionele eigenschappen van ecosystemen; dat was geformuleerd als het beleidsdoel. Met uitsluitend een basis in ecotoxicologische kennis uit laboratorium-waarnemingen, en een algemeen inzicht in ecologische verschijnselen, is toen de bedoelde grenswaarde geoperationaliseerd als het 95%-beschermingsniveau: dat niveau van blootstelling aan een drukfactor, waarbij 95% van de soorten blootgesteld is onder het geen effect niveau. Bij de afleiding van de waarde speelde ecologisch en ecotoxicologisch inzicht een grote rol, maar bestond er nauwelijks kennis van mengsel-effecten in het veld, en was er zeker geen kennis beschikbaar over de grenswaarden van veld-effecten bij de honderden verschillende taxa die in Nederland vóórkomen.

Het is dan ook uitzonderlijk om te constateren, dat de (toen) beleidsmatig gedefinieerde grenswaarde uit het stoffenbeleid in de praktijk, in veldonderzoek, precies in de buurt ligt van de kritische grenswaarde waarboven er soorten in dichtheid beginnen af te nemen.

Anders gezegd: deze data-analyse toont is sprake van een bijzondere matching tussen het stoffenbeleid en het milieukwaliteitsbeleid. Het stoffenbeleid zou via toepassing van logische principes de groen-geel grens bij het 95%-beschermingsniveau leggen (de beleidsmatige basis), en het waterkwaliteitsbeleid heeft (via monitoring) getoond dat deze grens dichtbij het niveau ligt waarbij de gevoeligste taxa in het gevoeligste cluster een begin van dichtheidsdaling begint te vertonen.

De resultaten van de huidige studie ondersteunen, kort samengevat, de indeling in de vijf klassen voor chemische verontreiniging (als concept) en de bijhorende voorstellen voor grenswaarden tussen de klassen zoals verwoord een Deltafact (Posthuma et al., 2021b).



Colofon

Deze notitie is geschreven in het kader van het project Toxiciteit van de Kennisimpuls Waterkwaliteit. In de Kennisimpuls werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstituten aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders en andere partijen de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten.

In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen, en maken ze deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

Referenties

- Baker, M.E. and King, R.S. 2010. A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. *Methods in Ecology and Evolution* 1(1), 25-37.
- Hallmann, C.A. and Jongejans, E. 2021 Long-term trends in aquatic insects in the Netherlands, STOWA rapport 2021-42, Amersfoort, nederland.
- Posthuma, L., De Baat, M.L., Beekman, J., Van den Berg, S., Van den Brink, P., Van Driezum, I.,

